



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Guilherme de Araújo Gonçalves

**Reconfiguração de um sistema produtivo e
melhoria de processos aplicando *Lean
Thinking* numa carpintaria**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Professora Anabela Carvalho Alves

Janeiro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em 1990 o norte americano Christopher McCandless decidiu que queria ser livre da civilização e do materialismo com o qual conviveu toda a vida e abandonou tudo o que conhecia para ir viver para o Alasca selvagem. Em 1992 foi encontrado já sem vida, depois de ter vivido apenas alguns meses em total isolamento, com um diário das suas vivências e pensamentos. Das suas notas, popularizadas no livro *“Into the wild”* de Jon Krakauer e no filme, com o mesmo nome, de Sean Penn, a maior conclusão encontra-se talvez descrita numa frase:

“A felicidade só é real quando partilhada”.

Curiosamente McCandless tinha os mesmos 24 anos que tenho agora que concluo a minha dissertação de mestrado. Não me atrevo a comparar a minha “aventura” e o meu desafio com este percurso, mas arrisco-me a inspirar esta página de agradecimentos naquela frase que sempre me fez sentido.

Partilho por isso a felicidade de terminar este percurso académico, em primeiro lugar, com a minha família. Com o meu pai porque foi, e será, sempre o meu maior amigo, com a minha mãe por me instigar o espírito crítico e o orgulho, com os meus padrinhos pelo carinho e por me abrirem novos horizontes, com os meus tios, primos e avós pelo incontestável apoio e, por fim, em particular com a minha avó paterna, falecida no início do meu segundo ano de licenciatura, a quem devo tanto quanto me é possível dever a alguém.

Partilho também com os amigos, os que me acompanham há alguns anos e os que já o fazem há duas décadas. Pelas histórias, pelo carinho, pela partilha de vitórias e pelo apoio nas derrotas, pelos ensinamentos e pela compreensão, esta felicidade também é vossa.

Agradeço ainda à professora Anabela Alves pela paciência, dedicação e pela amizade que me emprestou ao longo deste percurso, esta dissertação simplesmente não seria concluída sem o seu apoio incansável.

Finalmente à engenheira Cláudia Duarte e ao engenheiro Óscar Sousa pela orientação/supervisão do projeto e pelo conhecimento que me passaram, a toda a equipa do gabinete de produção e da administração pelo excecional acolhimento, aos carpinteiros, marceneiros, pintores, eletricitas e a todos os outros que disponibilizaram um pouco do seu dia para que eu pudesse aprender um pouco da sua arte, um grande obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O trabalho desenvolvido e descrito ao longo desta dissertação enquadra-se no âmbito do estágio de final de curso para a concretização do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, o qual foi realizado na dst.s.a, mais precisamente na carpintaria do grupo, a tmodular. O foco principal da dissertação foi a reconfiguração do sistema da carpintaria e a melhoria dos processos produtivos com base nos princípios do *Lean Thinking*.

Este projeto emerge num contexto de crescimento da tmodular nos últimos anos, sustentado pelos contratos com novos clientes, que naturalmente criou a necessidade de expandir a capacidade de produção, melhorar a eficiência dos métodos e, consequentemente, reafirmar a sua competitividade no mercado. Para ajudar a empresa neste processo de crescimento foi essencial fazer uma análise do estado atual para compilar a informação dispersa no chão de fábrica e identificar os maiores focos de desperdício. Esta análise fez parte da primeira etapa da metodologia *action-research* que foi a metodologia de investigação usada neste projeto.

Para eliminar os desperdícios encontrados, foram apresentadas propostas de melhoria, nomeadamente, a reconfiguração do sistema, o planeamento da produção, com a configuração de dois quadros auxiliares à mesma com base nos métodos *kanban* e PDCA, os processos na montagem, com a criação de uma mesa dinâmica de marceneiro, a armazenagem, sobretudo no âmbito da aplicação dos 5S e, por fim, na segurança dos trabalhadores com atenção a situações de risco ergonómico.

Das sugestões efetuadas apenas a aplicação dos 5S no armazém foi já concretizada, com ganhos evidentes na redução de desperdícios no local, sendo que entre a auditoria 5S realizada no período pré-intervenção e a auditoria final se verificou uma melhoria de 107% passando de 15 pontos para 31, numa escala de 0 a 50. No que respeita às propostas ainda não implementadas foram estimados possíveis ganhos. Assim na reconfiguração do layout estima-se uma redução de cerca de 38% dos transportes realizados na produção. No caso do quadro PDCA verificou-se que é possível recuperar 40€ do custo de produção de uma só unidade (para o caso da tipologia analisada) que seja planeada através desta metodologia. Por fim, na atividade identificada como a de maior potencial de risco ergonómico para o trabalhador, a sugestão de reformulação do posto de trabalho permitirá reduzir o nível de risco ergonómico de médio para baixo.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Thinking, Systematic Layout Planning, Carpintaria.

ABSTRACT

The work developed and exposed along the present dissertation fits in the 5th year of the Master's in Engineering and Industrial Management final phase internship scope, which was based at dst s.a., or more precisely at the group carpentry, so called tmodular. The main goal of this dissertation was to propose a layout reconfiguration and to improve the productive processes based on the Lean thinking principles.

This project arose in the context of the last few years financial growth in tmodular, which was achieved mainly due the new big client contracts, that naturally created the need to expand the production capacity, to improve the efficiency and, consequently, to reaffirm its competitiveness in the market.

Having this carpentry never participated in similar academic programs it was necessary to perform a broad analysis on the present state of affairs in order to compile the information scattered along the factory floor, and to understand the main waste causes that should be addressed. Besides the layout reconfiguration proposals developed, there was also intervention at production planning level, with the configuration of two supporting boards based on the Kanban and PDCA methodology, intervention at the assembly process, with the development of a woodworker dynamic working table, intervention at the warehouse, mainly within the scope of a 5S project, and finally an analysis on the ergonomic risks endangering the workers in some activities.

From the suggestions proposed only the 5S project was actually already applied being a clear success in the waste reduction at the warehouse, proved by 107% improvement between the 5S auditory made before the project and the final one realized at the end of it, where in a scale from 0 to 50, the growth in the evaluation was from 15 to 31 points. Despite of this implemented project, the other suggestions were also measured in gains, but by estimates. As a matter of fact, in the layout reconfiguration it's estimated a reduction of transportation in production by 38%. Regarding the PDCA board it was proved that in a single product (respecting the only studied typology) it was possible to recover around 40€ from the production costs of a product planed by using this methodology. Lastly, in the activity identified as the biggest ergonomic risk potential for the worker, the suggestion of reconfiguration for this particular workplace will allow a reduction in the risk factor from medium to low.

Keywords: Lean Thinking, Systematic Layout Planning, Carpentry.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| Agradecimentos..... | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract | vi |
| Índice..... | vii |
| Índice de Figuras | xi |
| Índice de Tabelas..... | xv |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos | xvii |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. Enquadramento | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 3 |
| 1.3. Metodologia de investigação | 4 |
| 1.4. Estrutura do documento..... | 5 |
| 2. Revisão Bibliográfica..... | 7 |
| 2.1. <i>Lean Production</i> | 7 |
| 2.1.1. Origem e evolução do conceito | 7 |
| 2.1.2. Toyota Production System | 8 |
| 2.1.3. Princípios do <i>Lean Thinking</i> | 10 |
| 2.1.4. Os setes desperdícios..... | 11 |
| 2.2. Ferramentas <i>Lean</i> e outras ferramentas | 12 |
| 2.2.1. Técnica dos 5S | 12 |
| 2.2.2. Gestão Visual | 13 |
| 2.2.3. Melhoria continua | 14 |
| 2.2.4. <i>Value Stream Mapping</i> e <i>Waste Identification Diagram</i> | 15 |
| 2.2.5. <i>Rapid Entire Body Assessment</i> | 17 |
| 2.2.6. Distribuição de <i>Weibull</i> e curva da “banheira” | 18 |
| 2.3. Metodologias e ferramentas de apoio para projetos de layout | 20 |
| 2.3.1. <i>Systematic Layout Planning</i> | 20 |
| 2.3.2. Método CORELAP | 22 |
| 2.3.3. Método de CRAFT..... | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3. | Apresentação da empresa..... | 24 |
| 3.1. | Identificação e localização da empresa | 24 |
| 3.2. | Historial da empresa | 25 |
| 3.3. | Descrição e caracterização geral da tmodular | 26 |
| 3.3.1. | Produtos produzidos e faturação | 26 |
| 3.3.2. | Layout, processo produtivo e fluxo de informação..... | 28 |
| 4. | Descrição e análise crítica da situação atual | 34 |
| 4.1. | Funcionamento da carpintaria tmodular | 34 |
| 4.1.1. | Postos de trabalho, implantação e fluxos | 35 |
| 4.1.2. | Abastecimento da matéria-prima e outros materiais | 38 |
| 4.1.3. | Planeamento e controlo da produção e da qualidade | 40 |
| 4.2. | Análise crítica da situação atual e identificação de problemas | 41 |
| 4.2.1. | Identificação dos produtos mais relevantes a analisar | 41 |
| 4.2.2. | Layout e fluxo da matéria-prima e outros componentes do expositor MAC CAC 43 | |
| 4.2.3. | Análise das atividades realizadas nos postos de trabalho do expositor MAC-CAC 44 | |
| 4.2.4. | Análise geral da cadeia de valor da transformação | 59 |
| 4.3. | Síntese dos problemas identificados..... | 65 |
| 5. | Apresentação de propostas de melhoria..... | 66 |
| 5.1. | Propostas para reformulação do layout | 66 |
| 5.1.1. | Diagrama de relacionamento das áreas funcionais | 67 |
| 5.1.2. | Limitações e pressupostos pré-estabelecidos | 68 |
| 5.1.3. | Propostas de layout..... | 69 |
| 5.1.4. | Avaliação das propostas | 74 |
| 5.2. | Proposta de quadro Kanban..... | 77 |
| 5.3. | Proposta de quadro PDCA..... | 79 |
| 5.4. | Introdução de mecanismo de suporte ao trabalho realizado no pt3..... | 82 |
| 5.5. | Proposta para uma mesa dinâmica de marceneiro..... | 84 |
| 5.5.1. | Características necessárias a uma mesa funcional e dinâmica..... | 84 |
| 5.5.2. | Proposta final para a nova mesa – Características Funcionais..... | 85 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.5.3. | Proposta final para a nova mesa – Materiais constituintes..... | 87 |
| 5.6. | Aplicação de 5S no armazém de ferragens..... | 88 |
| 5.6.1. | Auditoria 5S do armazém de ferragens | 89 |
| 5.6.2. | Aplicação do 1ºS – Separação..... | 90 |
| 5.6.3. | Aplicação do 2ºS – Organização | 91 |
| 5.6.4. | Aplicação do 3ºS – Limpeza | 93 |
| 5.6.5. | Aplicação do 4ºS – Padronização..... | 93 |
| 5.6.6. | Aplicação do 5ºS – Disciplina..... | 94 |
| 6. | Discussão e análise de resultados | 95 |
| 6.1. | Simplificação de fluxos, aumento de áreas e redução de distâncias | 95 |
| 6.2. | Melhoria na gestão visual e comunicação | 97 |
| 6.3. | Redução do tempo para montagem de novos produtos | 98 |
| 6.4. | Melhoria das condições de trabalho do pt3 | 98 |
| 6.5. | Adequação e padronização da zona de montagem | 99 |
| 6.6. | Aumento de espaço no armazém de ferragens e transferência de conhecimento..... | 101 |
| 7. | Conclusão..... | 102 |
| 7.1. | Conclusões..... | 102 |
| 7.2. | Trabalho futuro | 103 |
| | Referências Bibliográficas | 105 |
| | Anexos..... | 108 |
| | Anexo I – Diagrama das participações do grupo dst..... | 109 |
| | Anexo II – Layout atual da fábrica com as zonas diferenciadas | 110 |
| | Anexo III – Tabela estruturante do método REBA..... | 111 |
| | Apêndices | 112 |
| | Apêndice I - Famílias de operações | 113 |
| | Apêndice II – Principais sequências operatórias da tmodular..... | 115 |
| | Apêndice III – Análises ABC..... | 121 |
| | Apêndice IV – Diagramas de sequência dos postos de trabalho..... | 125 |
| | Apêndice V – Estudo ergonómico realizado na seccionadora (pt3) | 132 |
| | Apêndice VI – Amostragem do Trabalho | 135 |
| | Apêndice VII – Folha de contagem de movimentações do produto | 137 |
| | Apêndice VIII – <i>Layouts</i> propostos para a reorganização da carpintaria | 138 |

| | |
|---|-----|
| Apêndice IX – Avaliação pelo método de <i>Craft</i> | 147 |
| Apêndice X – Auditoria 5s proposta para o armazém de ferragens..... | 150 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - The cyclical process of action research (Susman & Evered, 1978). | 4 |
| Figura 2 - Casa TPS (Liker, 2003) | 9 |
| Figura 3 - Ciclo PDCA adaptado de (Lean Enterprise Institute, n.d.) | 15 |
| Figura 4 - Elementos estruturais básicos do WID adaptado de (Dinis-Carvalho et al., 2015) | 16 |
| Figura 5 - Gráfico da amostragem do trabalho para a utilização da mão de obra adaptado de (Dinis-Carvalho et al., 2015)..... | 17 |
| Figura 6 - Fases do Systematic Layout Planning (Muther & Hales Lee, 2015) | 21 |
| Figura 7 - Procedimentos padrão do SPL (Muther & Hales Lee, 2015)..... | 22 |
| Figura 8 - Vista aérea do grupo dst. | 24 |
| Figura 9 - Complexo da tmodular. | 26 |
| Figura 10 - Exemplos de tipos de moveis produzidos na tmodular | 27 |
| Figura 11 - Dados da faturação entre 2016 e 2018. | 27 |
| Figura 12 - Caderno de mobiliário | 29 |
| Figura 13 – Documentos da empresa: a) Mapa de necessidades; b) Necessidade de compra . | 29 |
| Figura 14 - Ordem de fabrico com tabela de corte preenchida. | 30 |
| Figura 15 - Etiqueta das racks do armazém de placas..... | 31 |
| Figura 16 – Zonas da fábrica: a) Montagem; b) Pintura e acabamentos..... | 32 |
| Figura 17 - Check List do controlo de embalamento. | 33 |
| Figura 18 - Foto de etiqueta para expedição de produtos. | 33 |
| Figura 19 - Visão geral da carpintaria..... | 34 |
| Figura 20 - Exemplos de stocks intermédios. | 35 |
| Figura 21- Cinco principais sequências/famílias operatórias..... | 37 |
| Figura 22 - Armazém de ferragens..... | 40 |
| Figura 23 - Necessidades de stock (a) e informações chave (b). | 40 |
| Figura 24 - BOM do expositor MAC CAC..... | 43 |
| Figura 25 - Fluxo de materiais da matéria-prima e dos componentes do expositor MAC CAC analisado..... | 43 |
| Figura 26 - Produto Descente Murale Trade MAC CAC..... | 44 |
| Figura 27 - Posto pt3 – Seccionadora..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Figura 28 - Extrato do diagrama de sequência -executante do posto pt3..... | 46 |
| Figura 29 - Pt4 – Prensa | 48 |
| Figura 30 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt4 | 49 |
| Figura 31 - Pt6 - Máquina CNC | 50 |
| Figura 32 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt6 | 50 |
| Figura 33 - Pt11 – Orladora..... | 51 |
| Figura 34 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt11 | 52 |
| Figura 35 - Representação dos módulos constituintes da orladora | 52 |
| Figura 36 - Curva da banheira (Tchakoua et al., 2014)..... | 53 |
| Figura 37 - Número de horas trabalhadas registradas para a orladora desde 2015 | 55 |
| Figura 38 - Representação gráfica da reta obtida | 56 |
| Figura 39 - Gastos com a manutenção (a) e representação gráfica do impacto do pote de cola | 56 |
| Figura 40 - Cabeçalho do diagrama de sequência de executante do posto pt18 | 57 |
| Figura 41 - Exemplo de uma mesa de trabalho para montagem | 58 |
| Figura 42 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt19 | 58 |
| Figura 43 - Dados para cada posto de trabalho no WID | 60 |
| Figura 44 - WID para os postos analisados..... | 63 |
| Figura 45 - Diagrama de relacionamento para as novas áreas funcionais. | 68 |
| Figura 46 - Piso 0, proposta 0 para o layout da carpintaria..... | 69 |
| Figura 47 - Layout do piso -1 para a proposta 0 | 70 |
| Figura 48 - Piso 0, proposta 1 para o layout da carpintaria..... | 72 |
| Figura 49 - Layout do piso -1 para a proposta 1 | 73 |
| Figura 50 - Piso 0, proposta 2 para o layout da carpintaria..... | 74 |
| Figura 51 - Quadro Kanban para a produção | 78 |
| Figura 52 - Exemplificação de um cartão modelo | 78 |
| Figura 53 - Quadro PDCA para novos produtos | 80 |
| Figura 54 - Mesa “Optimum Experience Table” | 81 |
| Figura 55 - Tampo da parte inferior da mesa “Optimum Experience Table” | 81 |
| Figura 56 - Corte do tampo efetuado pela CNC: (a) e ajustes efetuados na mesa de montagem (b) | 82 |
| Figura 57 - Modelo exemplo de uma mesa elevadora | 82 |
| Figura 58 - Modelo 3D da atividade de arrasto para a proposta da mesa elevadora – vista frontal (a) e traseira (b) | 83 |

| | |
|---|-----|
| Figura 59 - Características procuradas na nova mesa de marceneiro | 84 |
| Figura 60 - Modelo 3D da proposta para a mesa dinâmica de marceneiro | 86 |
| Figura 61 - Proposta da nova mesa de marceneiro dinâmica explodida | 86 |
| Figura 62 - Proposta da nova mesa de marceneiro dinâmica explodida, 2ª parte | 88 |
| Figura 63 - Exemplos da desorganização do armazém de ferragens | 89 |
| Figura 64 - Síntese dos resultados da auditoria 5S ao estado atual | 90 |
| Figura 65 - Foto do fiel na fase de separação dos materiais | 90 |
| Figura 66 - Mapa por coordenadas do armazém de ferragens | 91 |
| Figura 67 - Prateleiras etiquetadas com a coordenada respectiva | 92 |
| Figura 68 - Etiqueta para ferramentas | 92 |
| Figura 69 - Base de dados criada para as ferramentas | 93 |
| Figura 70 - Síntese dos resultados da auditoria 5S após a aplicação da metodologia | 94 |
| Figura 71 - Comparação dos níveis de risco ergonómico, utilizando o método de REBA, antes e depois da proposta de reconfiguração do posto | 99 |
| Figura 72 - Estado atual das mesas de montagem(a) e proposta para uma mesa dinâmica (b) | 99 |
| Figura 73 - Corredor central: a) antes; b) depois | 101 |
| Figura 74 - Diagrama do grupo dst. | 109 |
| Figura 75 - Layout atual do piso 0 da carpintaria | 110 |
| Figura 76 - Folha de cálculo REBA | 111 |
| Figura 77 - Gamas operatórias (1 de 2) | 113 |
| Figura 78 - Gamas operatórias (2 de 2) | 114 |
| Figura 79 - Representação da sequência operatória 1 | 115 |
| Figura 80 - Representação da sequência operatória 2 | 116 |
| Figura 81 - Representação da sequência operatória 3 | 117 |
| Figura 82 - Representação da sequência operatória 4 | 118 |
| Figura 83 - Representação da sequência operatória 5 | 119 |
| Figura 84 - Representação da sequência operatória extra | 120 |
| Figura 85 - Curva ABC por análise de quantidades vendidas | 122 |
| Figura 86 - Curva ABC por valor total de vendas | 124 |
| Figura 87 - Diagrama de sequência para o posto pt3 (primeira passagem) | 125 |
| Figura 88 - Diagrama de sequência para o posto pt4 | 126 |
| Figura 89 - Diagrama de sequência para o posto pt3 (segunda passagem) | 127 |
| Figura 90 - Diagrama de sequência para o posto pt6 | 128 |
| Figura 91 - Diagrama de sequência para o posto pt11 | 129 |

| | |
|--|-----|
| Figura 92 - Diagrama de sequência para o posto pt18 | 130 |
| Figura 93 - Diagrama de sequência para o posto pt19 | 131 |
| Figura 94 - Posição 1 para avaliação..... | 132 |
| Figura 95 - Posição 2 para avaliação..... | 133 |
| Figura 96 - Folha de registo de fluxos..... | 137 |
| Figura 97 - Proposta 0, Piso 1 (Rodada 90° para a direita) | 138 |
| Figura 98 - Proposta 0, Piso 0 (Rodada 90° para a direita) | 139 |
| Figura 99 - Proposta 0, Piso -1 | 140 |
| Figura 100 - Proposta 1, Piso 1 (Rodada 90° para a direita) | 141 |
| Figura 101 - Proposta 1, Piso 0 (Rodada 90° para a direita) | 142 |
| Figura 102 - Proposta 1, Piso -1 | 143 |
| Figura 103 - Proposta 2, Piso 1 (Rodada 90° para a direita) | 144 |
| Figura 104 - Proposta 2, Piso 0 (Rodada 90° para a direita) | 145 |
| Figura 105 - Proposta 2, Piso -1 | 146 |
| Figura 106 - Folha modelo para síntese de resultados (atuais e passados) | 150 |
| Figura 107 - Questões utilizadas para auditoria ao 1º Senso | 151 |
| Figura 108 - Questões utilizadas para auditoria ao 2º Senso | 155 |
| Figura 109 - Questões utilizadas para auditoria ao 3º Senso | 159 |
| Figura 110 - Questões utilizadas para auditoria ao 4º Senso | 163 |
| Figura 111 - Questões utilizadas para auditoria ao 5º Senso | 167 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Graus de relacionamento entre departamentos e respectivos pesos | 23 |
| Tabela 2 - Cronograma da história do grupo DST. | 25 |
| Tabela 3 - Tipologias de produtos da tmodular..... | 27 |
| Tabela 4 - Descrição sumarizada das atividades e do tipo de cada posto de trabalho. | 36 |
| Tabela 5 - Análise ABC por quantidade de produto vendido. | 42 |
| Tabela 6 - Analise ABC por valor faturado por tipo de produto..... | 42 |
| Tabela 7 - Informação resumida dos diagramas de sequências desenvolvidos..... | 45 |
| Tabela 8 – Resultados da análise REBA..... | 47 |
| Tabela 9- Dados das manutenções faturadas da orladora | 54 |
| Tabela 10 - Resultados da aplicação do modelo da distribuição de weibull para os tempos de falha da máquina | 55 |
| Tabela 11 - Síntese dos resultados obtidos pelas folhas de contagem | 61 |
| Tabela 12 - Número e tipo de placas usadas durante o ano 2018 | 61 |
| Tabela 13 - Cálculos para o takt time de cada posto | 62 |
| Tabela 14 - Percentagem de ocupação do tempo de estação em relação ao takt time | 64 |
| Tabela 15 - Síntese dos problemas encontrados com as respectivas consequências e desperdícios associados..... | 65 |
| Tabela 16 - Síntese das propostas abordadas com recurso à técnica 5W2H..... | 66 |
| Tabela 17 - Razões consideradas para as necessidades de proximidade..... | 67 |
| Tabela 18 - Cálculo do TCR | 71 |
| Tabela 19 - Dados absolutos da estimativa de fluxos entre postos | 75 |
| Tabela 20 - Distância percorrida (metros) entre diferentes setores para a proposta 2 | 75 |
| Tabela 21 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM para a proposta 2 | 75 |
| Tabela 22 - Resultados obtidos para cada proposta de layout e comparação com o estado atual | 76 |
| Tabela 23 - Avaliação ponderada das propostas de layout | 77 |
| Tabela 24 - Análise REBA à nova posição durante o arrastamento | 83 |
| Tabela 25 - Resultados da análise REBA..... | 83 |
| Tabela 26 - Resultados do inquérito realizado para a determinação do kit ideal de ferramentas na montagem | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 27- Resumo das condicionantes, limitações e pressupostos garantidos pela proposta de layout..... | 96 |
| Tabela 28 - Resumo das necessidades e propostas dos trabalhadores garantidas pela proposta de layout | 96 |
| Tabela 29 - Redução estimada nos transportes para a nova proposta | 97 |
| Tabela 30- Ganhos com a padronização do pt18 | 100 |
| Tabela 31 - Comparação dos resultados da auditoria 5S para cada um dos sensores (antes e depois) | 101 |
| Tabela 32- Análise ABC por quantidades vendidas..... | 121 |
| Tabela 33 - Análise ABC por valor total de vendas..... | 123 |
| Tabela 34 - Análise REBA à posição 1 | 132 |
| Tabela 35 - Resultados da análise REBA à 1ª posição | 133 |
| Tabela 36 - Análise REBA à posição 2..... | 133 |
| Tabela 37 - Resultados da análise REBA à 2ª posição | 134 |
| Tabela 38- Exemplo de tabela usada para a observação do posto de montagem (pt18)..... | 136 |
| Tabela 39 - Síntese dos resultados obtidos para a amostragem do trabalho | 136 |
| Tabela 40 - Distância percorrida entre diferentes setores | 147 |
| Tabela 41 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM..... | 147 |
| Tabela 42 - Distância percorrida entre diferentes setores na proposta 0..... | 148 |
| Tabela 43 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM na proposta 0 | 148 |
| Tabela 44 - Distância percorrida entre diferentes setores na proposta 1 | 149 |
| Tabela 45 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM na proposta 1 | 149 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

| | |
|---------|--|
| CORELAP | <i>Computerized Relationship Layout Planning</i> |
| CMM | Custo de Movimentação de Materiais |
| DST | Domingos da Silva Teixeira |
| JIT | <i>Just In Time</i> |
| MDF | <i>Medium-Density Fibreboard</i> |
| NVA | Sem Valor Acrescentado |
| PDCA | <i>Plan, Do, Control, Act</i> |
| REBA | <i>Rapid Entire Body Assessment</i> |
| SLP | <i>Sistematic Layout Planning</i> |
| SMED | <i>Single Minute Exchange of Die</i> |
| TPM | <i>Total Productive Maintenance</i> |
| VA | Valor Acrescentado |
| VGR | Valores do Grau de Relacionamento |
| VSM | <i>Value stream mapping</i> |
| TCR | <i>Total Closeness Rating</i> |
| TPS | Toyota Production System |
| WID | <i>Waste Identification Diagram</i> |
| WIP | <i>Work In Progress</i> |

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação relata o projeto desenvolvido na tmodular, uma carpintaria pertencente ao grupo dst s.a., no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. O primeiro capítulo serve de enquadramento aos temas abordados, sendo ainda referidos os objetivos do projeto, a metodologia de investigação utilizada e a estrutura definida para o documento.

1.1. Enquadramento

A evolução dos processos industriais e o crescimento da competitividade no mundo atual acontecem a uma velocidade vertiginosa que só permite o sucesso a empresas capazes de acompanhar o ritmo com soluções de adaptação às exigências do mercado. Contudo, devido a esta evolução natural do mercado, os sistemas de produção têm tendência a ficar rapidamente obsoletos uma vez que os *layouts* se mantêm, frequentemente, quase sem alterações desde a fundação da empresa (Alves, Sousa, & Dinis-Carvalho, 2015).

Assim, preocupações com os níveis de produtividade, com a qualidade dos produtos e com vários outros desperdícios provocados pela falta de progresso interno e de uma orientação organizacional clara e objetiva, levam ao crescente interesse pela implementação de *Lean Production*. *Lean Production* é uma reconhecida abordagem composta por um conjunto de princípios que podem ser aplicados igualmente em todas as indústrias (Womack, Jones, & Roos, 1990). Este termo refere-se mais especificamente à filosofia de liderança e gestão, que têm por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e a criação de valor e que deriva diretamente do *Toyota Production System* (TPS), sistema de produção desenvolvido por *Taiichi Ohno* e pelas suas experiencias e iniciativas praticadas ao longo de três décadas na *Toyota Motor Company* (Shah & Ward, 2007). A internacionalização das inovações deste mentor do TPS resulta da publicação, em 1990, do livro “*The machine that changed the world*” escrito por *James P. Womack*, *Daniel Roos* e *Daniel T. Jones*, onde o termo *Lean* é usado para contrastar o modelo *Toyota* com o sistema de “produção em massa” ocidental (Holweg, 2007).

Os cinco princípios *Lean Thinking* identificados por *Womack* e *Jones* (1996) são: 1) criação de valor definida pelo cliente; 2) definição da cadeia de valor que engloba todas as ações necessárias para levar o produto até ao cliente; 3) fluxo contínuo; 4) implementação do sistema

de produção pull; e 5) procura constante pela perfeição (Womack & Jones, 1997). Estes princípios visam definir o valor do produto, ou serviço, conforme ele é percebido pelo cliente para, de seguida, conseguir tornar o fluxo da produção puxado pela procura, almejando sempre a busca pela perfeição através da melhoria contínua para eliminar o desperdício, classificando as atividades em atividades de valor acrescentado (VA) e atividades que não acrescentam valor (NVA) (Sundar, Balaji, & Kumar, 2014).

De facto, é nas atividades que não acrescentam valor que se conseguem identificar as sete fontes de desperdício apresentadas num sistema produtivo, sendo estas enunciadas por Ohno (1988) tais como: o excesso de produção, que representa o oposto da produção *just in time* (JIT); as esperas, de pessoas ou equipamentos; os transportes; as movimentações; o sobre processamento, ou seja, operações desnecessárias; os stocks; os defeitos ou problemas de qualidade.

Para eliminar estes desperdícios e implementar *Lean Production* torna-se necessário a implementação de ferramentas tais como os 5S e o controlo visual (Ho, 1997), o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), o *Value Stream Mapping* (VSM), os mecanismos *poka-yoke*, o *Total Productive Maintenance* (TPM), o nivelamento de trabalho, o balanceamento de processos, os operadores polivalentes e o trabalho normalizado (Pereira et al., 2016). Estas ferramentas são essenciais para fundamentar dois pilares técnicos do TPS: o JIT e o *Jidoka* (Monden, 2013), e instalar o processo de melhoria contínua.

Importa ainda referir que a aplicação com sucesso de ferramentas *Lean Production* implica o envolvimento de todos os participantes do processo desde as posições de chefia aos operários de chão de fábrica. A ferramenta 5S, essencial para organizar, limpar e normalizar o local de trabalho, é um ótimo exemplo de uma ferramenta que necessita de uma integração plena de toda a equipa. De facto, de acordo com Salem et al (2005), manter o local de trabalho organizado é um comportamento que não pode ser aplicado automaticamente porque os funcionários não estão acostumados a isso. Portanto, apenas forçar esta atividade não resulta. Acrescenta ainda que a chefia deve criar consciência aos trabalhadores no princípio básico da limpeza: deixar a sua área de trabalho como a recebeu. Termina constatando que a mudança de comportamento, compromisso e disciplina são as chaves para o sucesso da sua correta aplicação (Salem et al., 2005).

Finalmente é também essencial ter um sistema de produção adequado e com flexibilidade para ser reconfigurado sempre que o espectro dos produtos muda. Num contexto *Lean* é uma questão de sustentabilidade do negócio ter um sistema que rapidamente se adapte à diversidade dos produtos (Alves, Sousa, Dinis-Carvalho, & Moreira, 2015), evitando ter os desperdícios inerentes a um sistema funcional que foi considerado obsoleto há muitos anos (Burbidge, 1992).

Na empresa onde se realizou este projeto de dissertação também existem preocupações com a adequação do sistema pois a diversidade de produtos é grande. Esta empresa designa-se de Domingos Silva Teixeira (DST), e o projeto foi realizado no setor da empresa que se dedica à atividade industrial de transformação de madeira, mais especificamente, na Tmodular, que fornece serviços de carpintaria para obras de construção civil, ou para a conceção e fabricação de mobiliário. Neste sector já foram identificados alguns problemas, nomeadamente, fluxos confusos e stocks excessivos e mal alocados que requerem a reorganização do layout da fábrica, mas também a redução de desperdícios. Assim, procurou-se a aplicação de ferramentas *Lean Production* num meio onde o conceito de “produção magra” é ainda pouco explorado, com o objetivo de manter a capacidade competitiva da empresa no mercado nacional e internacional, correspondendo à visão da mesma de “exigência pelo conhecimento, requinte e qualidade na transformação de madeira à imagem de cada cliente”. Desta forma, a filosofia *Lean Thinking* serviu para orientar as ações deste projeto que se comprometeu a simplificar o fluxo de trabalho existente.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste projeto passou pela reconfiguração do layout e melhoria dos processos aplicando princípios *Lean Thinking*. Assim, para atingir o objetivo foram propostas as seguintes etapas:

- Realizar um estudo de fluxos de pessoas e de materiais;
- Estudar a implementação de outro tipo de sistema na zona de montagem;
- Implementar 5S e gestão visual;
- Reorganizar tarefas;
- Normalizar procedimentos e processos;
- Dar formação aos trabalhadores no âmbito dos 5S.

Com a concretização destes objetivos, pretendeu-se:

- Reduzir desperdícios;
- Aumentar produtividade e apresentar indicadores que o demonstrem;

- Simplificar os fluxos de trabalho;
- Reduzir desorganização das zonas de stock intermedio;
- Reduzir custos.

1.3. Metodologia de investigação

No desenvolvimento de uma dissertação é essencial compreender a melhor abordagem de investigação ao sistema a analisar. No caso do presente projeto que visava a análise e melhoria de um layout de uma carpintaria foi fundamental que se abordasse uma metodologia que permitisse intervir diretamente no local onde ocorre a ação, ou seja, ter uma base empírica para realizar o estudo, interagindo com todos os participantes e partes interessadas do processo. Assim considerou-se que a melhor abordagem passava por uma investigação-ação (ou Action-Research), estratégia esta que se foca na mudança e no reconhecimento de que o tempo útil deve ser investido numa fase de diagnóstico, de planeamento, de implementação de ações e, finalmente de avaliação dos resultados, contando sempre com a participação dos executantes ao longo de todo o processo (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Adicionalmente, Susman e Evered (1978) consideram uma quinta fase de especificação de aprendizagem. O processo cíclico da investigação-ação e as suas fases podem ser comprovadas na figura 1.

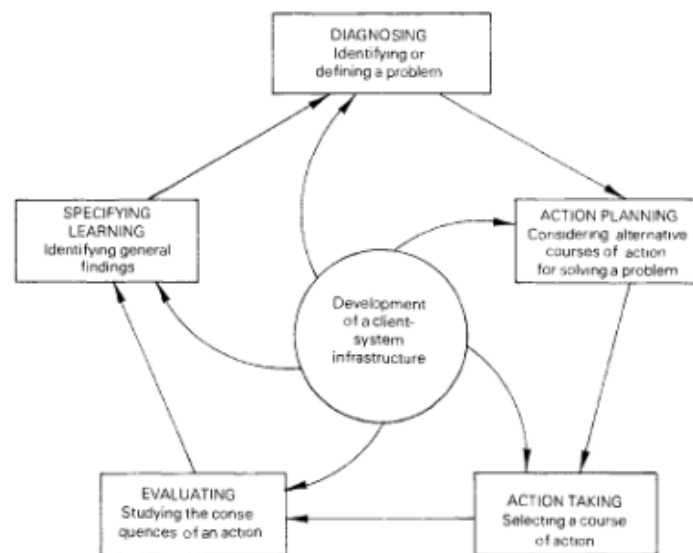


Figura 1 – O processo cíclico da metodologia investigação-ação (Susman & Evered, 1978).

Assim, seguindo as fases da metodologia investigação-ação, inicialmente, na fase de diagnostico, foi analisado e mapeado o sistema produtivo e os principais fluxos de trabalho de

forma a compreender as suas lacunas e ineficiências através de ferramentas como o diagrama ABC, diagramas de circulação e gráficos de sequências.

Na fase de planeamento foram definidos pelo investigador, com o auxílio e participação das chefias da empresa, os planos de melhoria e estratégias a implementar para ultrapassar os problemas identificados na fase de diagnóstico. Estes planos incluíram ferramentas de *Lean Production*, nomeadamente os 5S, a utilização de *Kanbans* e do ciclo PDCA, mas também o recurso à metodologia do *Systematic Layout Planning*.

Seguidamente foi pensado como é que tais ações deveriam e poderiam ser implementadas, preparando as chefias e os operadores para tal, e executando as mesmas. Terminada a implementação das ações seguiu-se uma avaliação dos resultados obtidos e uma comparação com a situação anteriormente verificada, de forma a compreender se realmente existem ganhos com as alterações efetuadas.

Finalmente, retiraram-se as lições aprendidas concluindo-se esta especificação com a escrita desta dissertação onde se apresentam também algumas propostas de trabalho futuro.

1.4. Estrutura do documento

A presente dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos.

O primeiro capítulo faz o enquadramento dos temas abordados, enuncia os principais objetivos deste trabalho, bem como as etapas para os atingir, explica a metodologia de investigação utilizada e apresenta a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo serve para explicar toda a revisão de literatura efetuada para sustentar teoricamente as metodologias exploradas ao longo do projeto.

De seguida, o terceiro capítulo é utilizado para fazer a apresentação geral da empresa na qual este trabalho se desenvolveu, desde o resumo da sua história à descrição do seu sistema produtivo.

No capítulo quatro é feita a análise crítica do sistema produtivo para que se possam identificar e descrever os principais problemas da carpintaria.

O quinto capítulo é utilizado para apresentar as propostas de melhoria sugeridas para combater os problemas e desperdícios encontrados.

Finalmente o sexto capítulo apresenta os resultados obtidos e esperados para as propostas realizadas, terminando-se com o capítulo sete onde são feitas as conclusões e as propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão de literatura sobre as áreas abordadas nesta dissertação. A sua utilidade prende-se à necessidade de sustentar teoricamente as ações e os métodos aplicados ao longo do desenvolvimento da dissertação.

2.1. *Lean Production*

A fragilidade dos panoramas económicos atuais e a constante competitividade, tanto nos mercados instalados como nos emergentes, impulsionam as organizações na procura de opções estratégicas de gestão que lhes permitam diferenciação positiva face à concorrência, sem descurar a necessidade de controlar, ou até reduzir, os seus gastos. Metodologias que permitam aumentar a qualidade dos produtos ao mesmo tempo que procuram reduzir tempos, e custos, de produção são assim cada vez mais frequentemente estudadas e aplicadas em todos os setores da indústria.

Neste contexto, a filosofia associada à produção *Lean* é um dos modelos mais global e transversalmente reconhecidos para a melhoria de performance das organizações com inúmeros relatos de sucesso, e com notórias vantagens na aplicação tanto em cenários de produção como de serviços (Amaro, Alves, & Sousa, 2019).

Em traços gerais, *Lean Production*, é a metodologia que procura a criação de produtos de qualidade que correspondam aos requisitos dos clientes, em tempos de entrega reduzidos, procurando para isso uma eliminação sistemática dos desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, almejando sempre uma melhoria contínua (Womack et al., 1990).

Ao longo desta secção será explorada a origem e o conceito por trás da metodologia, assim como os seus princípios estruturantes, terminando com a exploração das sete categorias de desperdícios propostas.

2.1.1. Origem e evolução do conceito

Com o fim da segunda guerra mundial em 1945, várias nações tinham colapsado originando graves crises financeiras um pouco por todo o globo. O Japão, nação integrante das forças do eixo derrotado durante a guerra, não era exceção, e as suas indústrias procuravam soluções para

lidar com a situação. Na década de 50, Eiji Toyoda, na altura diretor/administrador do setor de produção da Toyota, viajou para os Estados Unidos onde visitou a fábrica da *Ford Motor Company* situada em Detroit, na época um dos maiores e mais eficientes complexos fabris do mundo, com o intuito de aprender com as práticas industriais do Ocidente. Embora reconhecida a capacidade do sistema produtivo observado foi também vislumbrada a oportunidade para melhorias.

No seguimento desta aprendizagem levada para o Japão, Taiichi Ohno e a sua equipa de trabalho empenharam-se durante várias décadas na reformulação dos conceitos de produção de Henry Ford para a criação do *Toyota Production System* (ou TPS) e da produção *Lean*. O sucesso da filosofia *Lean* na produção foi generalizado extravasando para todas as áreas da empresa japonesa sendo que em 1970 já era praticado em toda a cadeia de abastecimento da Toyota, e em 1980 nos setores da distribuição e vendas (Melton, 2005).

O que se seguiu para a ideologia TPS foi o alastrar rápido por todas as partes da indústria japonesa, seguindo-se uma exposição mundial popularizada pela obra de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos (1990) de nome “*The Machine That Changed The World*” ainda hoje referenciada e estudada.

2.1.2. Toyota Production System

Para Alves et al. (2014), a filosofia *Lean* que rege o TPS pode ser definida pela procura de “fazer mais com menos” e “criar mais com menos”, não implicando trabalhar mais arduamente com menos recursos, mas aumentando o valor através de um esforço mais eficiente. Assim o TPS busca a eliminação de todos os elementos que não acrescentem valor, os desperdícios, para atingir uma maior produtividade ao menor custo.

Os princípios básicos da Toyota, conhecidos como “*Toyota Way*”, são frequentemente apresentados pela ilustração de uma casa, a “casa TPS”. Aqui são representadas várias divisões que, embora delimitadas, estão intimamente ligadas entre si pelos conceitos que abrigam, simplificando a compreensão dos princípios, como se pode observar na Figura 2.



Figura 2 - Casa TPS (Liker, 2003)

Um dos pontos principais enfatizados nesta casa é a importância estrutural dos alicerces. De facto, Ohno (1988) afirma que a produção *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka* (automação) são os dois grandes pilares do TPS.

Através do JIT procura-se sincronização da produção entre todos os postos de trabalho de forma a conseguir um fluxo contínuo. Uma produção *pull*, ou seja, puxada pelo cliente, ao contrário da tradicional produção empurrada característica da Ford, é assim essencial para a correta programação de produção. Os sistemas *kanban* como apoio do controlo de produção e o nivelamento são sistemas frequentemente utilizados para garantir o *pull production* (Ohno, 1988).

No outro pilar, o *Jidoka* pode ser definido como automação com participação humana uma vez que define um sistema onde o operador tem a possibilidade de parar a produção sempre que se vislumbra um erro ou falha, para evitar a sua propagação. Ohno (1988) define o *Jidoka* como uma forma de dar “inteligência às máquinas”, uma vez que permite dar a decisão humana ao ato mecânico dos equipamentos com a introdução de *andons*, *poka-yokes* ou até pela normalização das atividades de trabalho.

Os objetivos fundamentais da metodologia *Lean* encontram-se logicamente no telhado da casa TPS uma vez que são os resultados esperados da aplicação dos conceitos de base. Para Liker e

Lander (2007) “são frequentemente notáveis os benefícios na performance dos sistemas *Lean*, observando-se grandes melhorias ao nível da qualidade, do custo e da distribuição.”

2.1.3. Princípios do *Lean Thinking*

A casa TPS estrutura visualmente as ideias do pensamento *Lean* que Womack e Jones (1996) traduziram mais tarde através dos princípios fundamentais desta filosofia, divididos em cinco pontos, que definem a sequência que pode servir de guia para implementar com sucesso o pensamento *Lean* numa organização:

- 1 - Identificar o valor, no ponto de vista do cliente;
- 2 - Identificar o fluxo de valor por produto;
- 3 - Garantir um fluxo de valor contínuo;
- 4 - Implementar um sistema de produção *pull*;
- 5 - Procurar sempre a perfeição (melhoria contínua).

Para melhor compreensão segue-se uma descrição mais detalhada dos cinco princípios do *Lean Thinking*:

- **Valor:** Para Womack & Jones (1996) o valor de um produto é definido pelo cliente final, ou seja, corresponde ao conjunto de características que o cliente procura e para as quais está disposto a pagar;
- **Cadeia de valor:** Representa todas as operações necessárias para a conceção do produto e deve ser analisada com o propósito de identificar as atividades que não representam valor, para que possam ser reduzidas ou eliminadas. Para esta análise são frequentemente utilizadas ferramentas tais como o VSM e o WID (Dinis-Carvalho et al., 2015)
- **Fluxo contínuo:** A ideia de fluxo contínuo é a de procurar não possuir produto, ou partes dele, em momentos onde não existe acréscimo de valor, tais como em esperas ou stocks, as quais representam desperdícios, para garantir o cumprimento das datas de entrega;
- **Produção *pull*:** Ao contrário da mais tradicional produção *push*, onde os fornecedores procuram produzir para vender, a produção *pull* tenciona vender para produzir, ou seja, produzir apenas o que o cliente pede, no momento e na quantidade pedida.

- **Melhoria contínua:** *Kaizen*, ou melhoria contínua, é o princípio da busca constante pela perfeição. Este conceito tem sofrido grande evolução sendo frequentemente associado, segundo Caffyn (1999), à busca pela inovação.

2.1.4. Os setes desperdícios

O combate aos desperdícios entre todos os momentos de criação de valor é inevitavelmente um bastião da filosofia de *Lean Manufacturing* que, para Kajdan (2008), se traduz em tentar fazer mais com menos, ou seja, menos equipamentos, menos tempo, menos espaço, menos inventário e, conseqüentemente, menos dinheiro. Para eliminar os desperdícios é primeiro necessário saber identificá-los e defini-los. Para Ohno (1988), existem sete categorias identificáveis, que são: transportes, sobre processamento, stocks, defeitos, sobreprodução, esperas e movimentação. Segue-se a descrição sucinta de cada uma:

- **Transportes:** Este desperdício representa todas as movimentações, que não acrescentam valor, de informação ou materiais. Segundo Shingo (1985) este desperdício encontra-se muitas vezes associado a uma fraca disposição dos postos de trabalho o que deve ser combatido com melhorias do layout, recorrendo a simplificações e novos procedimentos de transporte;
- **Sobre processamento:** Quando o produto sofre transformações que o cliente não quer e, portanto, não está disposto a pagar. Para Liker (2004) este desperdício acontece principalmente quando se produz produtos com uma qualidade superior à necessária;
- **Stocks:** Para Melton (2005) este desperdício engloba todos os custos associados ao armazenamento de material, seja ele matéria-prima, componentes, ou produto acabado. Estes custos referem-se ao espaço perdido para armazenamento, aos riscos de perda de qualidade, principalmente em casos de produtos perecíveis, e ao risco de obsolescência, entre outros;
- **Defeitos:** Produtos defeituosos implicam frequentemente custos, seja pela necessidade de retrabalho, pra corrigir os problemas encontrados, seja pela perda total do produto em causa, ou até, em caso de não deteção dos mesmos internamente, pela venda de produtos de baixa qualidade, que podem levar à necessidade de substituição e a grandes impactos na imagem da empresa/marca. Para Apreutesei et al. (2010) as situações que mais contribuem para a criação de defeitos são a falta de manutenções preventivas, em

equipamentos ou ferramentas, a falta de padronização e a baixa preparação dos trabalhadores;

- **Sobreprodução:** Considerado por Ohno (1988) o pior dos sete desperdícios. A sobreprodução é a criação de quantidades de produto superiores às quantidades requisitadas pelo cliente. Este desperdício é frequentemente associado a um mau planeamento de produção e incorre em custos associados ao desperdício por stocks;
- **Esperas:** Sempre que “pessoas, equipamentos ou produtos esperam para serem processados não existe acréscimo de valor para o cliente” (Melton, 2005). Este desperdício pode existir simplesmente por causa do tempo de processamento dos equipamentos, que obriguem os trabalhadores a aguardar se não existirem outras tarefas que se possam executar em paralelo, como pode estar associado a quebras de *stock* de matéria-prima, a atrasos e afunilamentos de produção, entre outros;
- **Movimentação:** Liker (2004) afirma que simplesmente andar já é um desperdício. As deslocações de trabalhadores não acrescentam valor ao produto, pelo que se traduzem apenas em tempo despendido. A otimização de layouts e o replaneamento dos sistemas produtivos são algumas das soluções habituais para este problema.

2.2. Ferramentas *Lean* e outras ferramentas

Várias são as ferramentas associadas diretamente ao *Lean Thinking*, tais como a aplicação dos 5S, da gestão visual, ou dos quadros *kanban*, contudo, outras podem oferecer vantagens quando utilizadas em simbiose com os conceitos *Lean*. Assim esta secção cobre a revisão de literatura para as ferramentas consideradas indispensáveis à realização desta dissertação.

2.2.1. Técnica dos 5S

A técnica dos 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* e *Shitsuke*) é uma das ferramentas mais difundidas do *Lean Production* pela sua simplicidade associada a grandes ganhos organizacionais, para além de ser um excelente ponto de partida para alterar as mentalidades dos trabalhadores.

Na prática os 5S são uma técnica com o propósito de sistematizar cinco atividades, concebidas para a eliminação de desperdícios que contribuem para erros, defeitos e acidentes (Liker, 2004), adaptáveis a qualquer processo ou posto de trabalho. As atividades são: separar, arrumar,

limpar, padronizar e disciplinar. A implementação de cada fase pode ser explicada da seguinte forma:

- **Separar:** Na primeira etapa deve-se procurar separar tudo o que é necessário do que não é necessário num posto de trabalho. Os elementos considerados desnecessários não têm utilidade para o desenvolvimento das tarefas deste posto pelo que devem ser eliminados, armazenados ou transferidos para outro lugar onde tenham uma função prática;
- **Arrumar:** Nesta etapa, os elementos que ficaram devem ser dispostos e arrumados em local conveniente e identificado, com a maior facilidade de acesso diretamente atribuída às ferramentas de uso mais frequente;
- **Limpar:** Como o nome indica este é o momento em que a sujidade deve ser eliminada garantindo uma boa gestão visual e a adequada conservação, segurança e higiene do posto de trabalho.
- **Padronizar:** As vantagens das três primeiras etapas devem ser mantidas, com recurso a padrões e normas que garantam a manutenção das mesmas, com o intuito de criar o hábito nos trabalhadores e evitar a regressão do progresso já conseguido.
- **Disciplinar:** Por fim, para evitar a degradação da técnica, é importante disciplinar os trabalhadores para repetirem as etapas ciclicamente, com o possível recurso a auditorias de verificação, garantindo não só a manutenção dos ganhos, mas também uma melhoria contínua.

2.2.2. Gestão Visual

Com grande utilidade para a técnica de 5S, a gestão visual permite organizar e apresentar informações e/ou estados, para que estes sejam facilmente perceptíveis tanto para os trabalhadores do *gemba* como para os responsáveis do planeamento e da gestão. Segundo Aulakh e Gill (2008) a gestão visual deve conseguir com que uma pessoa, que entre em contacto com o local de trabalho, consiga nos primeiros minutos entender aspetos como o fluxo, os níveis de stock, a situação atual, a utilização de recursos ou a qualidade. Suzuki (2010) completa dizendo que para desenvolver estes sistemas “são usados *andon*, *kanban*, quadros de produção, etc., para facilitar a transferência rápida de informação importante”.

2.2.3. Melhoria contínua

A melhoria contínua, ou *Kaizen*, é um propósito central e estruturante de toda a casa TPS, originalmente introduzido no ocidente por Masaaki Imai no seu livro “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*” (1986), que procura combater o comodismo organizacional estabelecendo que nenhum processo ou situação é ideal, havendo sempre espaço para a introdução de melhorias em todos os setores, melhorias estas que devem ser testadas, implementadas e monitorizadas ciclicamente, numa busca interminável pela excelência.

Estreitamente ligada a este conceito encontra-se o ciclo PDCA, proposto por Shewhart e Deming (1939). Esta ferramenta tem o seu nome baseado nas quatro fases que a compõe, denominadas: *Plan*, *Do*, *Check*, *Act*. Segundo Suzaki (2010), cada fase pode ser descrita da seguinte forma:

- **Plan** – Nesta fase devem ser esclarecidos os objetivos e a missão proposta para o ciclo. De seguida devem ser definidos os meios que vão ser usados para alcançar os objetivos propostos;
- **Do** – Aqui os planos traçados para a melhoria devem ser postos em prática;
- **Check** – A execução dos planos deve ser analisada para compreender qual foi o seu nível de sucesso quando comparada aos objetivos delineados no planeamento;
- **Act** – No caso de os objetivos serem falhados devem ser pensadas e desenvolvidas novas ações corretivas. No caso de sucesso é necessário desenvolver standards, que garantam a manutenção dos ganhos, e transferir as aprendizagens retiradas para o próximo ciclo PDCA.

O autor enfatiza ainda que as etapas *check* e *act* devem preceder a etapa *plan* uma vez que “a verificação e a ação são pré-requisitos para um bom planeamento.” (Suzaki, 2010). Este ciclo é frequentemente representado graficamente por um modelo circular como se apresenta na Figura 3.

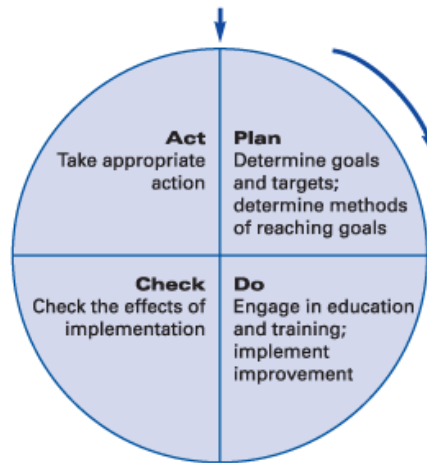


Figura 3 - Ciclo PDCA adaptado de (Lean Enterprise Institute, n.d.)

2.2.4. Value Stream Mapping e Waste Identification Diagram

Para a modelação de uma cadeia de valor, de um produto ou de uma família de produtos, a ferramenta mais frequentemente usada em *Lean Production* é o *Value Stream Mapping*. O VSM é uma referência na análise de sistemas produtivos que facilita a visualização dos fluxos, de material e informação, e dos elementos chave da performance dos processos, permitindo identificar fontes de desperdício, desde o momento da receção de matéria prima até ao envio do produto ao cliente (Rother & Shook, 1999).

Embora seja uma ferramenta consensual na comunidade *Lean*, esta não existe sem os seus problemas. Uma das desvantagens mais notórias, segundo Braglia et al. (2006) associa-se ao facto de muitas empresas produzirem grande variedade de produtos em pequenos volumes, o que implica cadeias de valor compostas por centenas de partes e produtos, situação que não é ideal para o uso habitual do VSM.

Para lidar com as limitações do VSM têm sido propostas inúmeras alternativas, com diferentes graus e situações de aplicabilidade, como é o caso da proposta desenvolvida por um professor do Departamento de Produção de Sistemas da Universidade do Minho, da Escola de Engenharia, denominada *Waste Identification Diagram* (WID) (Dinis-Carvalho et al., 2015).

O WID procura facilitar a representação da cadeia de valor de múltiplas famílias de produtos num só diagrama, reduzindo a complexidade do chão de fábrica com o recurso a blocos e setas (Figura 4), os primeiros para definir grupos de processos e os segundos para demonstrar as relações, e os transportes, entre eles, permitindo salientar pontos de desperdício.

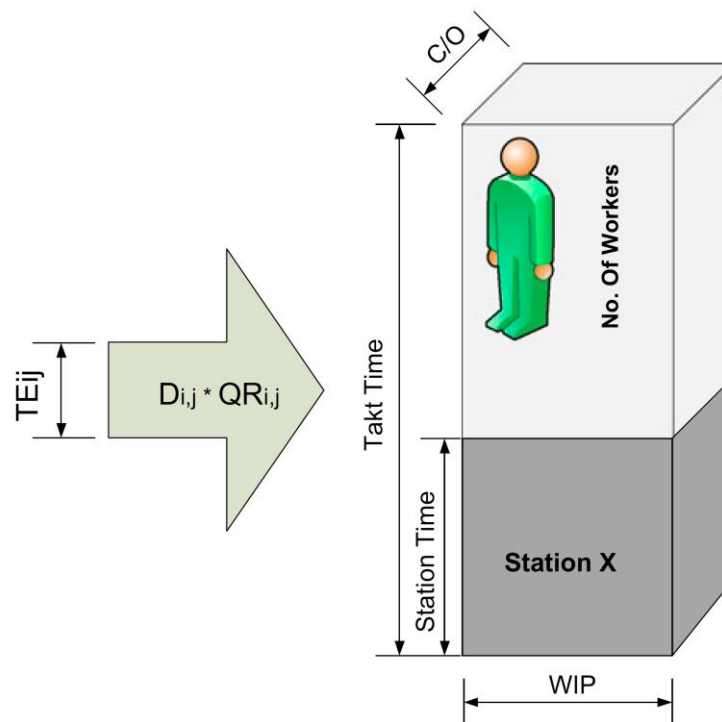


Figura 4 - Elementos estruturais básicos do WID adaptado de (Dinis-Carvalho et al., 2015)

Os blocos como o da Figura 4, armazenam um conjunto essencial de informação de cada processo produtivo (posto de trabalho ou máquina) do sistema analisado. Os blocos devem ser dimensionados com base num conjunto de critérios ou parâmetros previamente obtidos tais como:

- **Changeover/setup time (C/O)** – Valor que dá a profundidade ao bloco e que representa o tempo total de preparação do posto/máquina, normalmente associado à mudança de ferramentas, aquando da mudança de produto;
- **Takt-Time** – Representado na altura do bloco, é o tempo que a empresa pode despende para produzir cada produto de forma a satisfazer as encomendas do cliente/mercado, marcando o que deve ser o ritmo de produção. O cálculo efetuado para a sua determinação encontra-se representado na Equação 1 e na Equação 2:

Equação 1

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Procura do cliente}}$$

Equação 2

$$\text{Procura diária do cliente} = \frac{\text{Quantidade anual}}{\text{Dias de trabalho no ano}}$$

- **Cycle time** – Com este valor obtém-se a altura da parte do bloco preenchida a cor mais escura. Corresponde ao tempo efetivo despendido para o trabalho realizado em cada peça/produto no posto/máquina em questão;
- **Work in progress** – Representa a largura do bloco e corresponde à quantidade de peças/produtos que se encontram em espera entre processos (stock intermédio).

No que diz respeito às setas, que fazem a ligação entre os blocos, procura-se representar o esforço de transporte. Este esforço pode ser representado de várias formas, tais como quilograma deslocado por metro percorrido ($\text{kg}\cdot\text{m}$) ou peças por metro ($\text{p}\cdot\text{m}$), desde que se adeque à situação a modelar.

Finalmente a estes diagramas pode ser acoplado um elemento gráfico, estatístico, que represente uma amostra de trabalho do tempo despendido pelos trabalhadores nas várias atividades possíveis dentro do seu contexto de trabalho tal como os transportes, as esperas, as operações de valor acrescentado, etc., tal como se pode ver na Figura 5.

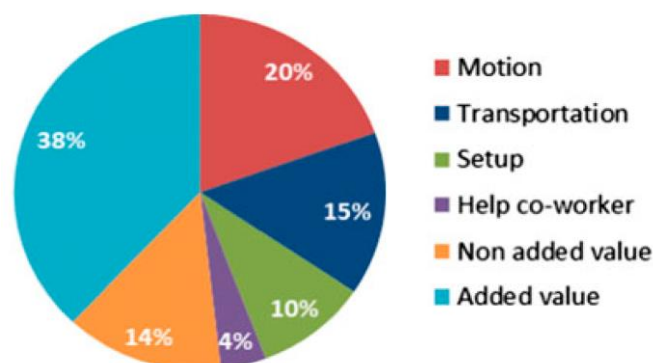


Figura 5 - Gráfico da amostragem do trabalho para a utilização da mão de obra adaptado de (Dinis-Carvalho et al., 2015)

2.2.5. *Rapid Entire Body Assessment*

A grande importância do estudo ergonómico nas organizações é um tema relativamente consensual para todos os tipos de indústria, mas que, ainda assim, é vulgarmente negligenciado. É factual que a correta interação física e cognitiva entre o homem e a máquina (ou posto de trabalho) é essencial para garantir a segurança, com a prevenção de acidentes laborais, o bem-estar, diminuindo o cansaço, o stress e o risco de lesões, consequentemente aumentando a eficiência do trabalhador na execução das suas tarefas.

Neste contexto inúmeros métodos têm sido desenvolvidos com intuito de medir situações de risco, de forma a comparar com novas situações que permitam sustentar a proposta de medidas que visem melhores condições de trabalho para os operadores.

Um destes métodos é o *Rapid Entire Body Assessment* (ou REBA), método desenvolvido pelas ergonomistas Sue Hignett e Lynn McAtamney, que permite avaliar situações de risco em posturas de corpo inteiro sem recurso a grande equipamento ou conhecimento prévio. A metodologia é totalmente representada numa folha, usada como manual, que permite atribuir pontos às posições observadas para a cabeça, tronco e membros.

Os principais objetivos do REBA, segundo Sue Hignett e Lynn McAtamney (2000) são:

- Desenvolver um sistema de análise postural sensível aos riscos músculo-esqueléticos;
- Dividir o corpo em segmentos para avaliação individual com referência aos planos de movimento;
- Oferecer um sistema de pontuação para a atividade muscular em situações estáticas, dinâmicas, de alteração rápida ou de postura instável;
- Refletir a importância da ligação/pega do operador à carga;
- Traduzir a análise num grau de urgência de necessidade de ação
- Requerer o mínimo de equipamento (apenas caneta e papel).

2.2.6. Distribuição de *Weibull* e curva da “banheira”

Esta distribuição, com o nome inspirado no engenheiro e matemático sueco Waloddi Weibull, é um método matemático útil para analisar/medir taxas de falha de um equipamento, procurando assim fundamentar o tempo de vida útil expectável para esse mesmo equipamento, com recurso ao seu histórico de dados de tempos de falhas ou intervalos entre avarias. Assis R (2014, p. 93) afirma que a distribuição de Weibull é “largamente usada na prática de engenharia devido à sua versatilidade na descrição do tempo de vida até à falha de componentes sujeitos a fenómenos de degradação (desgaste, corrosão, fadiga, fluência ou simultaneidade de alguns destes)”.

Um dos motivos da versatilidade referida relaciona-se com o facto do modelo ser função de três parâmetros, que são:

Parâmetro γ - Ou parâmetro de posição/localização. Para este parâmetro é frequentemente bastante aceitável que se iguale a 0, por simplificação (Assis, 2014). Contudo é possível que:

- $\gamma > 0$, quando existe um tempo de valor γ isento de falhas (período de vida mínima);
- $\gamma < 0$, quando o equipamento em análise já possui desgaste registrado aquando do início do teste;

Parâmetro η - Ou parâmetro de escala. Este parâmetro representa o valor de vida característica, ou seja, período de tempo para o qual a expectativa de falha do equipamento é matematicamente igual a 63,2%;

Parâmetro β - Ou parâmetro de forma. Com este parâmetro é possível estimar a fase de vida do equipamento testado, sendo que para Reis e Andrade(2009) se:

- $\beta < 1$, então a taxa de falhas ($\lambda(t)$) é decrescente, considerando-se que o equipamento se encontra na fase de “mortalidade infantil”, ou seja, numa fase em que as falhas/avarias são frequentemente causadas por defeitos de fabrico, de instalação, ou de projeto;
- $\beta = 1$, a taxa de falhas deverá ser constante e o equipamento encontra-se na fase de “vida útil”, onde as falhas são aleatórias e independentes do tempo;
- $\beta > 1$, a taxa de falhas é crescente e o equipamento deve encontra-se em fase de desgaste ou obsolescência.

Utilizando estes três parametros define-se uma distribuição de Weibull para uma variavel t tal que:

Equação 3

$$f(t) = \begin{cases} \left(\frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \right) * e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} & \text{para } t \geq \gamma \\ 0 & \text{para } t < \gamma \end{cases}$$

E que:

Equação 4

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$$

2.3. Metodologias e ferramentas de apoio para projetos de layout

O desenvolvimento de propostas de layout para um sistema produtivo, seja por motivos de atualização, adequação ou crescimento, é sempre um processo complexo pela enorme variedade de componentes a equacionar, que acarretam para estes projetos elevados riscos, principalmente quando são realizados de forma desorganizada. Para apresentar propostas sólidas é importante recorrer a métodos de planeamento estruturados tais como o *Systematic Layout Planning* e o CORELAP, mas também utilizar estratégias para estimar os ganhos potenciais dos resultados obtidos, como é o exemplo o método de CRAFT. Nesta secção são apresentadas as conclusões da revisão de literatura para estes métodos.

2.3.1. *Systematic Layout Planning*

O *Systematic Layout Planning* (SLP) é uma abordagem ao desenvolvimento de layouts em ambiente industrial proposta pelo engenheiro norte americano Richard Muther no livro do mesmo nome, com a primeira edição publicada em 1961. Para Muther (2015) o SPL deve ser pensado em quatro fases, que são:

- **1ª Fase** – A primeira etapa deverá ser a determinação do local a usar, nomeadamente se é um local diferente do local de implementação atual ou não, seja por via de um aumento ou uma realocação completa.
- **2ª Fase** – Nesta fase procura-se decidir o arranjo físico da área a usar. A ideia é criar uma organização lógica simples entre o fluxo geral da organização, as relações entre secções e o próprio espaço de cada secção.
- **3ª Fase** – Aqui começa a ser estabelecido o local exato de cada equipamento e posto de trabalho. O layout deve ser construído ao detalhe em algum modelo passível de visualização (desenho manual, virtual ou semelhante).
- **4ª Fase** – Finalmente devem ser feitos os preparativos para a implementação da proposta, tendo já todos os planos aprovados pelos responsáveis, para que se possa planear e financiar o processo de alocação dos equipamentos e postos de trabalho e, de seguida, executar esses planos.

Estas fases são sequenciais, mas muitas vezes executadas em sobreposição, tal como o autor demonstra na Figura 6.

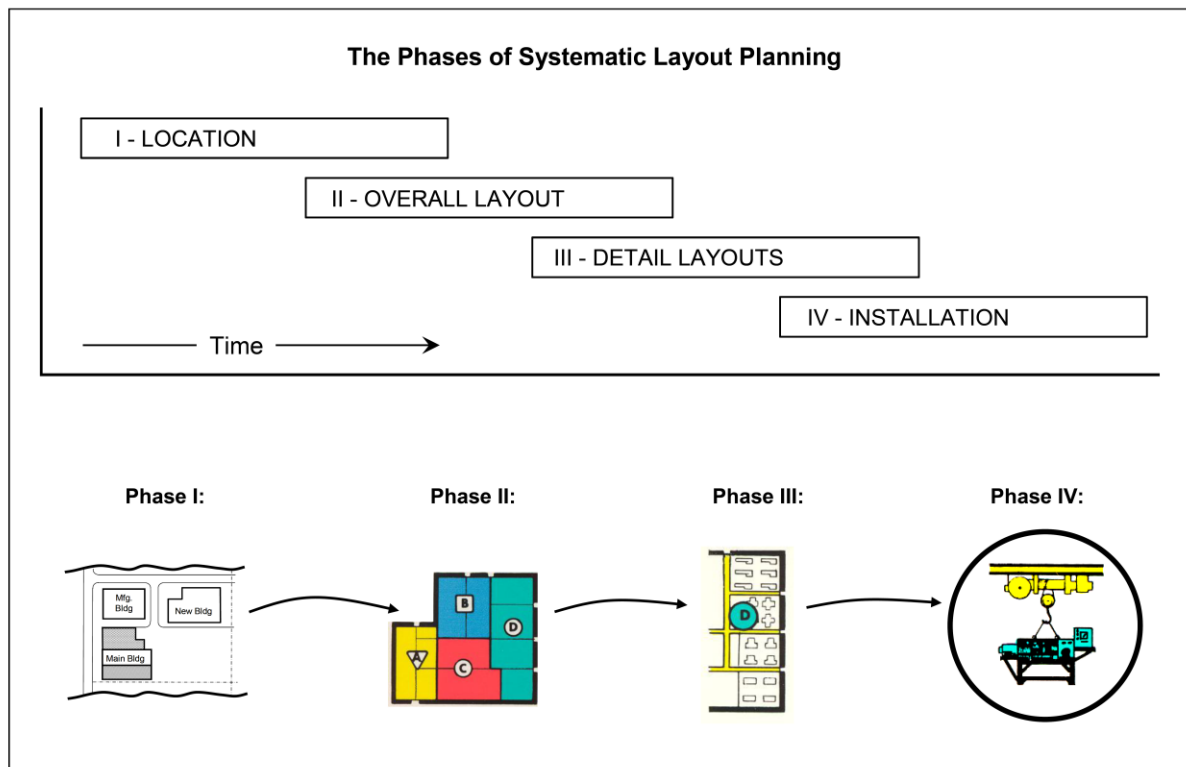


Figura 6 - Fases do Systematic Layout Planning (Muther & Hales Lee, 2015)

Para facilitar o planejamento Muther (2015) propõe ainda que se siga um modelo padrão de 10 procedimentos, tal como se pode observar na Figura 7.

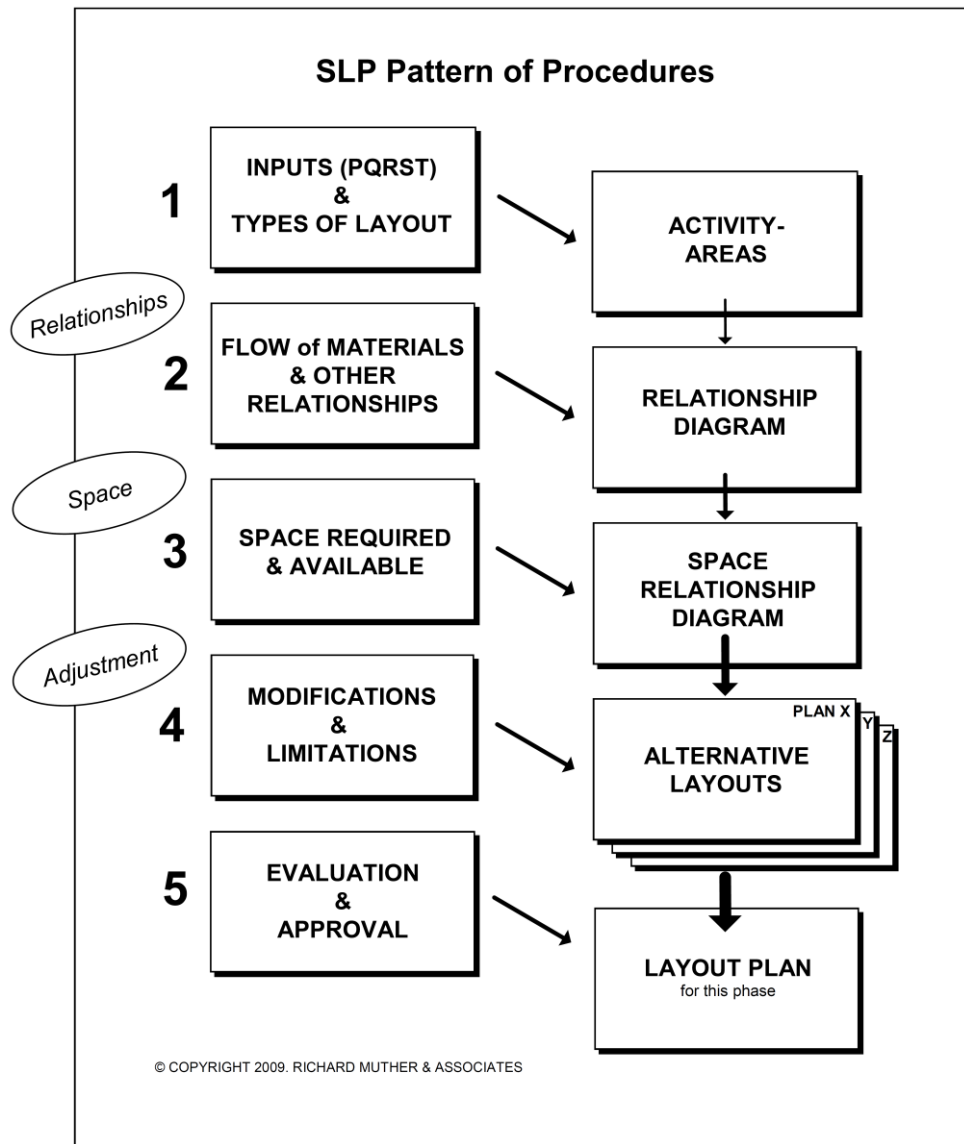


Figura 7 - Procedimentos padrão do SPL (Muther & Hales Lee, 2015)

2.3.2. Método CORELAP

O método CORELAP ou *Computerized Relationship Layout Planning* é um algoritmo construtivo que tem o propósito de desenvolver propostas para a alocação de áreas, ou departamentos, em função das relações de proximidade estabelecidas entre estes. Este algoritmo permite desenvolver uma proposta de layout otimizada com a forma de instalação mais desejável o que, contudo, produz frequentemente formas irregulares (Ritter, Barkokebas, & Al-Hussein, 2018), que são de difícil concretização, obrigando a adaptações por parte do projetista.

A execução do método passa pela atribuição de valores do grau de relacionamento, ou VGR, às relações entre áreas/departamentos, tal como apresentados na *Tabela 1*. Estes valores permitem calcular o rácio total de proximidade, ou TCR, pela soma de todos os VGR atribuídos por secção.

Tabela 1 - Graus de relacionamento entre departamentos e respetivos pesos

| Grau de relacionamento | Proximidade | Valores do Grau de Relacionamento (VGR) |
|------------------------|------------------|---|
| A | Necessário | 6 |
| E | Muito importante | 5 |
| I | Importante | 4 |
| O | Desejável | 3 |
| U | Não importante | 2 |
| X | Não desejável | 1 |

De seguida deve-se colocar a área/departamento com maior TCR no centro da proposta de layout. A área seguinte a situar deve ser escolhida consoante o maior grau de relacionamento estabelecido com a primeira área. Todas as outras devem seguir o mesmo conceito, sendo colocadas o mais próximo possível das áreas com grau de relacionamento A, quando possível, caso contrário deve se escolher a próxima área com maior relacionamento (E, I, O). As relações não importantes (U) e não desejáveis (X) seguem o raciocínio inverso.

2.3.3. Método de CRAFT

O método de CRAFT representa uma equação proposta para analisar, e minimizar, o custo total envolvido no transporte de materiais entre áreas/departamentos (Ritter et al., 2018). A sua utilidade é frequentemente associada a projetos de planeamento de *layouts* por permitir uma comparação quantitativa entre diferentes propostas. Assim, o que representa o custo de movimentação de materiais (CMM) num layout corresponde ao somatório de todos os fluxos de materiais (F_{ij}) entre estações (i,j), cada um multiplicado pelo custo de transporte associado (C_{ij}) e pela distância entre as mesmas (D_{ij}), geralmente medida como distância retilínea, tal como se pode observar de seguida na Equação 5.

Equação 5

$$CMM = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n C_{ij} * F_{ij} * D_{ij}$$

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo faz a apresentação da empresa na qual foi realizado este projeto de dissertação de mestrado, a *dst group*. Inicia-se com a identificação e localização da empresa e um resumo dos momentos mais importantes da história do grupo. Segue-se a descrição da tmodular, o local específico do desenvolvimento das atividades do estágio, e dos respetivos principais produtos, finalizando-se com uma breve descrição do layout e do processo produtivo.

3.1. Identificação e localização da empresa

A *dst group*, representada na Figura 8, é uma empresa sediada em Palmeira, no distrito de Braga, fundada por Domingos da Silva Teixeira, umbilicalmente ligada à construção civil e às obras publicas, setor onde se apresenta como uma das maiores referencias nacionais.



Figura 8 - Vista aérea do grupo *dst*.

Atualmente a *dst* faz-se representar num leque mais alargado de áreas de negócio desde o tratamento de resíduos, às tecnologias de energias renováveis, como os parques fotovoltaicos e os parques eólicos, ou as redes de telecomunicações e a eletrificação até ao negócio das artes e literatura. Esta variedade conseguida em função da análise das necessidades do mercado é resumida pela missão empresarial ambiciosamente descrita pelo grupo como sendo “construir projetos empresariais sustentáveis que acrescentem valor para a comunidade”.

3.2. Historial da empresa

Embora a fundação da dst seja frequentemente apontada à década de 40 a sua constituição é apenas formalizada em 1984. Contudo, as raízes remontam efetivamente aos anos 40, altura em que a família Silva Texeira inicia a atividade de extração de inertes.

O primeiro marco notável acontece entre 1946 e 1950, período entre o qual foi realizado o fornecimento de materiais para uma grande construção pública, o estádio 28 de maio (atualmente com a denominação de “Estádio 1º de Maio”), em Braga. Deste acontecimento até ao presente, devido ao contínuo crescimento da dst ao longo das últimas décadas, o agregado atual de empresas no grupo ascende a mais de 50 participações, entre totais e parciais (Anexo I). São por isso vários os momentos históricos que marcam a evolução do grupo, devidamente sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma da história do grupo DST.

| Ano | Acontecimento |
|------|--|
| 1984 | Constituição da Domingos da Silva Teixeira & Filhos, Lda. |
| 1985 | Constituição da imobiliária Teixeira & Filhos, Lda. |
| 1992 | Aquisição da Pedreira “Monte Soeiro”, situada em Pitancinhos, Palmeira, Braga |
| 1995 | Constituição da Domingos da Silva Teixeira – Empreitadas Elétricas, Lda. |
| 1997 | Instalação de uma central de betão pronto em Pitancinhos, Palmeira, Braga. |
| 1999 | Integração dos ativos da carpintaria “Móveis, Tinoleite & Filhos, Lda.” (atual tmodular). |
| 2000 | Início da construção do complexo dst em Pintancinhos (Palmeira, Braga) e constituição da Investhome – Construção e Imobiliária, S.A. |
| 2001 | Entrada do grupo no setor das energias renováveis com a constituição de 4 empresas dedicadas às construções eólicas. |
| 2005 | Entrada do grupo no setor das águas, saneamento e tratamento de resíduos, através da constituição da Geswater – Águas e Resíduos, S.A. e da Agere – Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, E.M. |
| 2007 | Aposta na internacionalização com a participação na WAY2B, ACE. |
| 2008 | Investimento equivalente a 12 milhões de euros para spin-offs com o recrutamento de 200 novos colaboradores; Entrada do grupo no setor da energia solar através de uma unidade de I&D e da Global Sun, S.A.; Entrada do grupo no setor das telecomunicações e constituição da sub-holding dstelecom, SGPS, S.A.; Constituição da primeira sucursal internacional, em Vigo, Espanha; |
| 2009 | Reforço no mercado de energia solar através da criação da empresa dst solar, S.A., no mercado da energia hidroelétrica com a constituição da dst hydro, S.A., e no setor das telecomunicações com a constituição da Porto Digital – Operador neutro de Telecomunicações, S.A. |
| 2011 | Aposta da dst renováveis na internacionalização com a entrada no mercado dos EUA pela Sure Energy, no Canadá pela dst Solaris, e em Angola via acordo com a Angola Environment Technology – Greentech. |
| 2014 | Início da atividade do grupo dst no Reino Unido e na Bélgica. |
| 2015 | Adjudicação da primeira obra em solo Inglês, a extensão da Queen Mary University of London. |
| 2016 | Criação da Bysteel fs, empresa dedicada à conceção e montagem de fachadas de edifícios e da dststrainrail, concebida para o mercado de construção e manutenção de via-férrea. |

3.3. Descrição e caracterização geral da tmodular

A tmodular é uma carpintaria pertencente à dst, s.a. que se dedica à atividade industrial de transformação de madeira, e é também o local específico no qual foi realizado este projeto de dissertação de mestrado. Nesta secção pretende-se dar a conhecer o tipo de carpintaria que a tmodular representa, expondo os produtos produzidos e a descrição geral do seu layout e processo produtivo.

Resultante da aquisição da empresa Móveis Tinoleite & Filhos, LDA, em 1999, a tmodular (Figura 9) é atualmente o centro de produção de mobiliário de madeira e/ou aglomerados/derivados, desenvolvendo todas as fases implícitas na criação do produto, ou seja, projeção, construção e montagem. Para a tmodular o trabalho pode ocorrer em vários tipos de projetos, desde projetos estruturantes, obras de recuperação de equipamentos ou edifícios, mobiliário para edifícios residenciais, comerciais ou industriais.

No seu todo, incluindo colaboradores de escritório, trabalham simultaneamente cerca de 30 pessoas efetivas, não contabilizando aqui os contratos a prazo que variam conforme a quantidade de trabalho e que neste momento representam mais cinco funcionários.



Figura 9 - Complexo da tmodular.

3.3.1. Produtos produzidos e faturação

A tmodular é uma carpintaria industrial criada com o intuito de abastecer/apoiar as obras do grupo dst. Contudo a necessidade de crescimento da empresa levou à procura de novos mercados nomeadamente o mercado de mobiliário para comércio, mercado que é hoje a principal fonte de rendimento por permitir as melhores margens.

Os produtos produzidos podem ter várias tipologias uma vez que são desenvolvidos personalizadamente para cada cliente ou conjunto de lojas. Na Tabela 3 apresentam-se alguns dos tipos de produtos produzidos pela empresa.

Tabela 3 - Tipologias de produtos da tmodular.

| Tipos de produtos |
|-----------------------|
| Balcões de receção |
| Balcões laterais |
| Balcões de trabalho |
| Mesas de atendimento |
| Mesas expositoras |
| Mesas de trabalho |
| Moveis de vitrine |
| Expositores verticais |
| Expositores de parede |
| Armários |

Alguns dos produtos mais produzidos no ano de 2018 estão relacionados com o maior cliente desse ano, a Altice. Na Figura 10 encontram-se exemplos desses produtos, nomeadamente um expositor de parede (Figura 10 a), uma mesa expositora (Figura 10 b), um armário com expositor (Figura 10 c) e um balcão de trabalho (Figura 10 d).

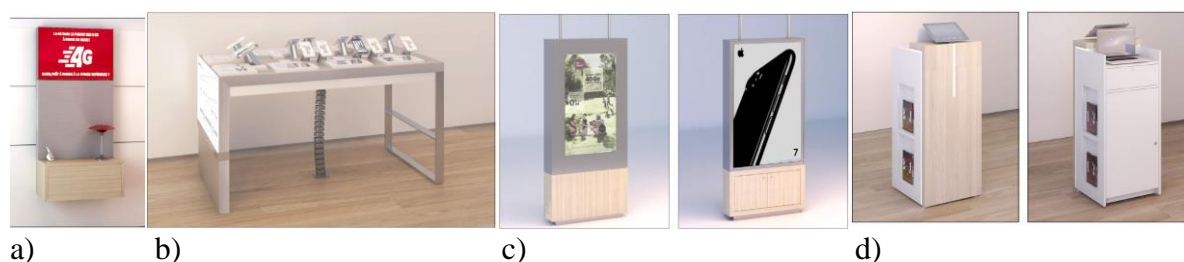


Figura 10 - Exemplos de tipos de moveis produzidos na tmodular

O crescimento da tmodular, tanto no mercado interno como no mercado externo, é um fator determinante no interesse em iniciativas de melhoria contínua, evidentes em novos projetos de inovação como é caso desta dissertação. Os últimos anos espelham este crescimento exponencial, verificável nos dados de faturação apresentados na Figura 11.

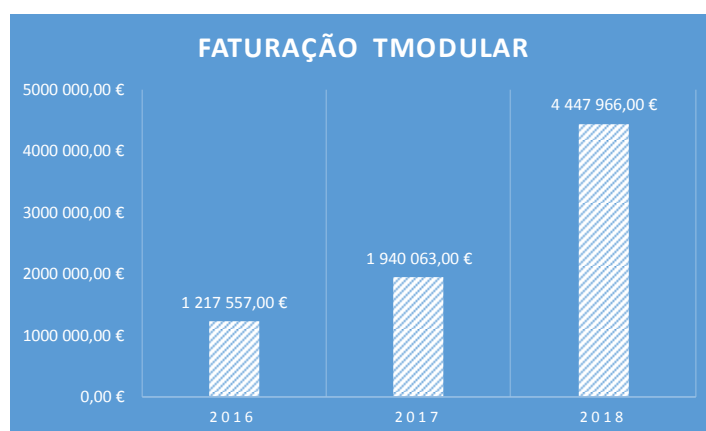


Figura 11 - Dados da faturação entre 2016 e 2018.

O peso económico da parceria com a Altice, no ano de 2018, é evidente na leitura dos dados que demonstravam já uma tendência positiva entre 2016 e 2017.

3.3.2. Layout, processo produtivo e fluxo de informação

A tmodular funciona num pavilhão de 2 pisos (piso 0 e piso 1), com cerca de 2000m², que se encontra dentro do complexo da dst group em Palmeira. Nesta carpintaria o trabalho processa-se num ambiente de oficina com os produtos a serem produzidos em pequenas quantidades de cada vez e de acordo com as preferências/customizações acertadas com o cliente. A fábrica está dividida entre zona de produção/transformação, cabine de pintura, acabamentos e eletrificação, área dos trabalhadores, escritórios, armazéns e zona de expedição. Cada uma destas áreas pode ser melhor observada no Anexo II.

Nesta secção encontra-se descrito o layout paralelamente com o processo produtivo para estabelecer as devidas relações entre ambos. O processo produtivo, devido às características do trabalho, não é um processo linear e repetido. De facto, se o produto em questão estiver relacionado com um projeto de obra, possivelmente um projeto onde a matéria prima utilizada é a madeira propriamente dita, o processo produtivo é muito diferente do que seria a produção de moveis para uso comercial a partir de derivados da madeira. Por simplificação, e porque a empresa tem como objetivo focar-se quase totalmente na área da produção do mobiliário, no âmbito desta dissertação o processo produtivo associado a estes produtos, que usam os derivados de madeira como principal matéria prima, será o principal alvo de escrutínio.

O processo produtivo começa quando se recebe a encomenda nos escritórios. Nestes é gerada a informação que impulsiona a compra e todo o fluxo de materiais na fábrica até o produto estar pronto para entregar ao cliente. Assim, nas secções seguintes, serão brevemente descritos estes fluxos, de informação e de materiais, desde os armazéns à embalagem.


3.3.2.1. *Escritórios e fluxo de informação*

O pavilhão da tmodular comporta dois andares de escritórios, o rés do chão de produção e compras, e o do 1º andar para produção externa, trabalho administrativo e obras.

No caso de uma encomenda que seja para uma obra única o processo inicia-se pelo trabalho conjunto do técnico de obra, diretor de departamento e preparador de obra que iniciam a preparação da obra utilizando os desenhos desenvolvidos com base nos requisitos do cliente. O

Tratando-se de uma encomenda múltipla para várias lojas, como uma linha de moveis, o trabalho do escritório de produção inicia-se aquando do envio do “caderno de mobiliário” (Figura 12), por parte do cliente, com os desenhos técnicos de todas as tipologias a produzir, e das quantidades.

[illegible]

|  | | NECESSIDADE DE COMPRA | | | Data: 28-11-2017 | |
|---|----------------|------------------------------|------|------------|------------------|--------------------|
| | | | | | | |
| Designação | Ordem Fabrico | Quantidade Necessária | Un | Existência | Prazo de Entrega | Quantidade Comprar |
| Placa Agl. Mel. Egger H1145 2800x2070x19mm | 17/tm-0253-p-2 | 90 | Und. | | 03/11/2017 | |
| AGL branco egger w1000 st9 2800x2070x19mm | 17/tm-0253-p-2 | 300 | Und. | | 03/11/2017 | |
| AGL branco egger w1000 st9 2800x2070x16mm | 17/tm-0253-p-2 | 52 | Und. | | 03/11/2017 | |
| Ag. Mel. Egger W1000 ST9 2800X2070X12mm | 17/tm-0253-p-2 | 15 | Und. | | 03/11/2017 | |

a) b)

Figura 13 – Documentos da empresa: a) Mapa de necessidades; b) Necessidade de compra

29

fornecedora para preços fixos, a compra é diretamente adjudicada à mesma, contudo, nos casos em que isto não acontece, é feita uma tabela de preços comparativos de vários fornecedores para escolher o preço mais competitivo. Confirmadas as existências de stock nos fornecedores é emitida uma ordem de compra que segue para a administração validar.

A decisão dos momentos de início da produção é feita pela conjugação de data de entrega e folga da produção. Assim é emitida uma ordem de fabrico que agrega a informação dos moveis a produzir, das quantidades, das datas/prazos e com as notas de fabrico que indicam se o produto vai ser produzido internamente ou por outsourcing. As tabelas de corte (geometria de corte de cada tabua constituinte de um móvel) das ordens de fabrico poderão ser feitas pelo preparador de obra ou encarregado de fábrica (Figura 14). Esta ordem é entregue ao encarregado que organiza a produção e os trabalhadores conforme as necessidades.

Figura 14 - Ordem de fabrico com tabela de corte preenchida.

Durante o período de produção também os embaladores se organizam logisticamente para as necessidades, sejam elas produzir caixas para transporte de moveis, paletes ou outros.

3.3.2.2. Receção da matéria-prima e outros materiais nos armazéns

Como foi mencionado, a fabrica possui três zonas de armazenamento próprio e independente do resto do grupo, mas também usufrui de um complexo separado para stock de produto acabado. O armazém das ferragens recebe todos os tipos de matérias primas essenciais à produção que não sejam as placas de madeira ou derivados. Desde parafusos, pregos, dobradiças, fechaduras, vedantes, manípulos, serralharias variadas, silicones entre muitos outros artigos variados.

Quando uma encomenda chega a este armazém o trabalhador verifica a qualidade e a quantidade, arruma as quantidades entregues e passa a informação para o responsável comercial que dá a entrada de material no sistema informático usado para controlo de stock, o SAP.

Sempre que este material seja preciso na produção, a pedido dos carpinteiros e marceneiros, o “fiel do armazém” é o único autorizado e responsável pela sua entrega e por assinalar no impresso apropriado o material que foi gasto, bem como a obra para onde este material foi aplicado. Uma vez mais as quantidades usadas são passadas ao comercial que dá agora baixa do produto no sistema informático.

No armazém de placas o método de receção é semelhante, com as placas a serem armazenadas por tipo e tamanho, nas *racks* correspondentes, caso já exista um local etiquetado para as mesmas, caso contrário é impressa uma nova etiqueta, como a que vemos na Figura 15, para identificar corretamente o novo material. Aqui, contudo, a baixa de produto não é dada pelo mesmo operador, mas sim pelo operador da seccionadora, a máquina que corresponde ao processo de corte primário das placas, ou pelo encarregado, os quais são também os únicos com autorização para fazer o seu levantamento.



Figura 15 - Etiqueta das racks do armazém de placas.

Finalmente, o último armazém trata-se de um armazém temporário de produto acabado. Mais precisamente este armazém, localizado no cais de expedição, serve para acomodar os moveis já produzidos e embalados até ao dia agendado com cliente para o seu carregamento, no veículo de entrega.

3.3.2.3. Produção/transformação

Assim que todo o processo de planeamento e compra fica concluído estão garantidas as condições para iniciar a produção. Como o funcionamento da produção não segue nenhum padrão de produção clássica em linha ou em célula, e uma vez que os lotes são normalmente

pequenos e muito diferenciados entre si, existe grande complexidade de fluxos de produção. Conforme a tipologia do artigo a ser produzido a sequência de máquinas por onde ele passa é diferente.

Depois das transformações executadas nas máquinas necessárias o produto, ou as partes que o formam, seguem geralmente para a montagem/asseblagem (Figura 16a) onde o artigo/móvel é terminado por todos os processos manuais e semimanuais de marcenaria necessários.

Finalmente o produto passa pela zona de pintura e acabamentos (Figura 16b) onde são feitos os retoques finais que podem também ser apenas de limpeza. O produto terminado segue para a zona de embalagem.



Figura 16 – Zonas da fábrica: a) Montagem; b) Pintura e acabamentos

3.3.2.4. Embalagem

Na zona de embalagem é efetuado o último controlo de qualidade, formal e informal. Primeiro é feita uma análise visual do produto por parte dos embaladores, que devem informar o preparador de obra ou o encarregado de possíveis problemas de qualidade. O segundo controlo de qualidade é feito através de uma *check list*, como o da Figura 17 , onde se verifica para cada tipo de produto se este está completo com todos os elementos que o compõe ou complementam.





| <div>  CHECK LIST MÓVEIS SFR </div> | | | |
|---|---------------------------------------|---|-------------------------------|
| REF: | DESIGNAÇÃO | IMAGEM | PONTOS A VERIFICAR |
| 1.1 | MV-A1-0.4 1.1 MEUBLE VITRINE A |  | Pintura da estrutura |
| | | | 4 Manipulos |
| | | | 1 suporte de monitor |
| | | | esmilhados/triscos/esquadrias |
| | | | lagrimas |
| | | | eletricidade |
| 1.1 lateral | MV-A2-0.4 1.1 MEUBLE VITRINE A |  | esmilhados/triscos/esquadrias |
| | | | lagrimas |
| | | | eletricidade |
| | | | faceamento do led |
| | | | 2 pares de chaves |
| | | | |
| 1.2 | MV-AA1-0.4 1.1 MEUBLE VITRINE A |  | Pintura da estrutura |
| | | | 4 Manipulos |
| | | | 1 suporte de monitor |
| | | | esmilhados/triscos/esquadrias |
| | | | lagrimas |
| | | | eletricidade |

Figura 17 - Check List do controlo de embalamento.

O produto é então devidamente embalado, com filme de película, e no caso de materiais com esquinas frágeis deverá ainda ser colocada proteção de cantos. Para transportes marítimos ou aéreos, os materiais são ainda embalados e colocados sobre paletes. Finalmente etiqueta-se cada produto com a informação da loja e do contentor a que se destina, tal como se observa na Figura 18, fotografando-se cada um para efeito de registo, como precaução contra possíveis acusações de erros de envio.



Figura 18 - Foto de etiqueta para expedição de produtos.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

A carpintaria da tmodular encontra-se numa fase de reestruturação e perspectivasse um aumento das instalações. Neste contexto, surgem oportunidades para a aplicação de técnicas e ferramentas que permitam melhorias em relação ao estado atual, onde se acumulam desperdícios e ineficiências naturais de uma empresa em crescimento. Para conhecer a situação da secção de transformação, neste capítulo, é inicialmente efetuada a sua caracterização detalhada identificando-se os postos de trabalho, a implantação, os fluxos, os métodos de abastecimento de materiais e os processos de planeamento e controlo de produção e da qualidade.

4.1. Funcionamento da carpintaria tmodular

A carpintaria tmodular, observável pela Figura 19 numa visão geral, funciona durante os cinco dias úteis semanais, com apenas um turno diário de oito horas, que tem início às 8h da manhã e término às 17h, existindo uma pausa para almoço de uma hora mais dois intervalos, um de manhã e outro de tarde, com a duração de 10 minutos.



Figura 19 - Visão geral da carpintaria.

A empresa não implementa atualmente práticas *lean production* pelo que o ambiente é propício a desperdícios comuns (Figura 20).



Figura 20 - Exemplos de stocks intermédios.

Evidencia-se ainda que conceitos, como a prática dos 5S, são teoricamente conhecidos por alguns dos trabalhadores uma vez que, a dst, os aplica ativamente noutras empresas do grupo e incentiva o envolvimento geral através de cartazes espalhados pelo complexo.

A identificação dos postos de trabalho, da implantação, dos fluxos, assim como os métodos de abastecimento e o planeamento e controlo de produção são desenvolvidos nas secções que se seguem.

4.1.1. Postos de trabalho, implantação e fluxos

O desenvolvimento das atividades necessárias à montagem do mobiliário na tmodular conta com 30 trabalhadores incluindo um encarregado geral. A sua distribuição pelos postos de trabalho só é fixa quando se tratam de postos essenciais a praticamente toda a produção o que, na prática, representa as máquinas mais utilizadas. Assim, os postos de trabalho identificam-se frequentemente pela máquina utilizada nesse posto, dividindo-se entre postos fixos, com trabalhadores dedicados a tempo inteiro, e postos ocasionais, com a alocação de mão de obra sujeita às necessidades do momento, algumas mais frequentemente usadas que outras. Na Tabela 4 é feita a descrição sumariada das atividades realizadas em cada posto assim como a divisão entre fixos e ocasionais, em alusão à distribuição da mão de obra, sendo ainda acrescentado um número por posto, sem qualquer relação com as precedências de produção, para facilitar a sua identificação.

Tabela 4 - Descrição sumariada das atividades e do tipo de cada posto de trabalho.

| Nr | Designação | Tipo de posto | Descrição |
|------|-------------------------------|---------------------|---|
| Pt1 | Molduradora | Ocasional raro | Máquina de moldar madeira. Neste momento sem qualquer utilização. |
| Pt2 | Multisserra | Ocasional | Máquina para corte e acabamento de superfícies de madeira. |
| Pt3 | Seccionadora | Fixo | Aqui as placas de madeira ou derivados, normalmente de dimensões superiores aos 6m ² são seccionadas em placas/tabuas mais pequenas, adequadas às necessidades de produção. |
| Pt4 | Prensas | Ocasional frequente | Neste posto existem 2 prensas e uma mesa de trabalho. Na mesa de trabalho é normalmente aplicada uma camada de cola sobre uma peça de um derivado (ex.:mdf) e posteriormente é colada uma folha de um material requerido para o produto em construção (ex.: folha de alumínio). Este conjunto é colocado na prensa onde, por pressão durante 2 a 3 horas, é efetuada a colagem. |
| Pt5 | Tupia | Ocasional frequente | A tupia é também uma máquina de corte. Permite acabamentos como arredondar, chanfrar, abrir fendas ou perfilar arestas. É frequentemente usada para abrir fendas em painéis “multilaminas”. |
| Pt6 | CNC | Fixo | A CNC, ou máquina de controlo numérico computadorizado, é utilizada para realizar todos os trabalhos de maquinagem, corte e furação mais complexos/demorados em cada peça de madeira ou derivados. |
| Pt7 | Esquadrejadoras | Ocasional frequente | Máquina utilizada para fazer cortes simples ou esquadria. |
| Pt8 | Desengrossadeira | Ocasional | Máquina utilizada quando há necessidade de afinar a espessura de uma tábu |
| Pt9 | Calibradora | Ocasional | Máquina usada para alinhar/endireitar as faces de uma tábu |
| Pt10 | Garlopa | Ocasional | Máquina também usada para alinhar/endireitar as faces de uma tábu |
| Pt11 | Orladora | Fixo | Neste posto é colada a orla, uma fita usada para cobrir a borda de uma placa/tabua de um derivado da madeira homogeneizando o aspeto da superfície. |
| Pt12 | Guilhotina | Ocasional | Máquina de corte. |
| Pt13 | Serra de fita | Ocasional | Máquina de corte. |
| Pt14 | Bancada do encarregado | Fixo | O encarregado é o responsável máximo pelo correto desenvolvimento das atividades na área de transformação. Neste posto ele tem o registo do stock atual e das necessidades de produção, armazena todos os cadernos de mobiliário e ordens de fabrico, e redige as tabelas de corte necessárias ao início da produção. Embora se considere um posto fixo, por ser utilizado diariamente, o encarregado encontra-se frequentemente deslocado a dar indicações aos trabalhadores por toda a fábrica. |
| Pt15 | Furador | Ocasional | Como o nome indica esta máquina é utilizada para furar madeira/derivados. |
| Pt16 | Máquina de dobradiças | Ocasional | Utilizada para aplicação de dobradiças. |
| Pt17 | Gastalho | Ocasional | Utilizada para fixação de painéis. |
| Pt18 | Mesas de montagem | Fixo | A este posto chegam todos os componentes constituintes do móvel em produção, que podem vir de qualquer posto/máquina mencionado anteriormente nesta lista e/ou do armazém de ferragens. Aqui são realizados pelo marceneiro todos os tipos de trabalhos manuais necessários à conclusão da montagem de um artigo. |
| Pt19 | Eletrificação | Fixo | Neste posto são efetuadas as atividades necessárias à eletrificação individual de alguns moveis, desde a colocação de tomadas à instalação de modems para o uso de rede. Importa referir que frequentemente este trabalho é também realizado pelos eletricistas no próprio local de montagem do móvel para evitar transportes desnecessários. |
| Pt20 | Pintura | Ocasional | Todas as peças de mobiliário, ou de estruturantes, que necessitem aplicação de tinta, passam por este posto na cabine de pintura. |
| Pt21 | Acabamentos | Fixo | Neste posto são realizados todos os trabalhos manuais de acabamento dos moveis tais como lixagem e limpeza. |
| Pt22 | Embalagem | Fixo | Aqui é feita a embalagem dos artigos terminados, em paletes ou caixas, e ainda a colocação de todos os invólucros plásticos e esponjas que garantam a segurança dos produtos a transportar. |
| Pt23 | Armazéns | Fixo | Os armazéns de ferragens e de placas são os responsáveis diretos pelo abastecimento de todas as necessidades de produção. |

A organização da produção é do tipo *job shop*, ou oficina, o que implica inúmeras possibilidades de fluxos de semi-acabados e materiais entre os postos de trabalho, ou seja, diferentes sequências operatórias para produtos diferentes. Contudo pode ser possível identificar artigos com sequências idênticas, ou mesmo iguais, permitindo agrupar os produtos em famílias de produção.

Desta forma, com a informação do diretor de obra, e corroboração do encarregado, sabe-se que para os produtos que vão ser estudados, é possível diferenciar cinco sequências operatórias diferentes, todas explicitas no Apêndice I. Mais ainda, ficou decidido considerar uma sequência operatória extra para as “multilaminas”, um produto inicialmente desconsiderado da análise por não se tratar de um móvel mas apenas de painéis, para além de ser consumido ao metro quadrado e não à unidade, mas que para efeitos de análise de situação atual voltou a ser equacionado devido à sua elevada frequência de produção e ao facto de ter uma sequência operatória característica com a passagem pelo posto de trabalho onde é usada a Tupia.

Na Figura 21 que se segue é possível verificar a implantação atual da área de transformação/produção com os respetivos fluxos de materiais das diferentes famílias de produção entre cada posto de trabalho.

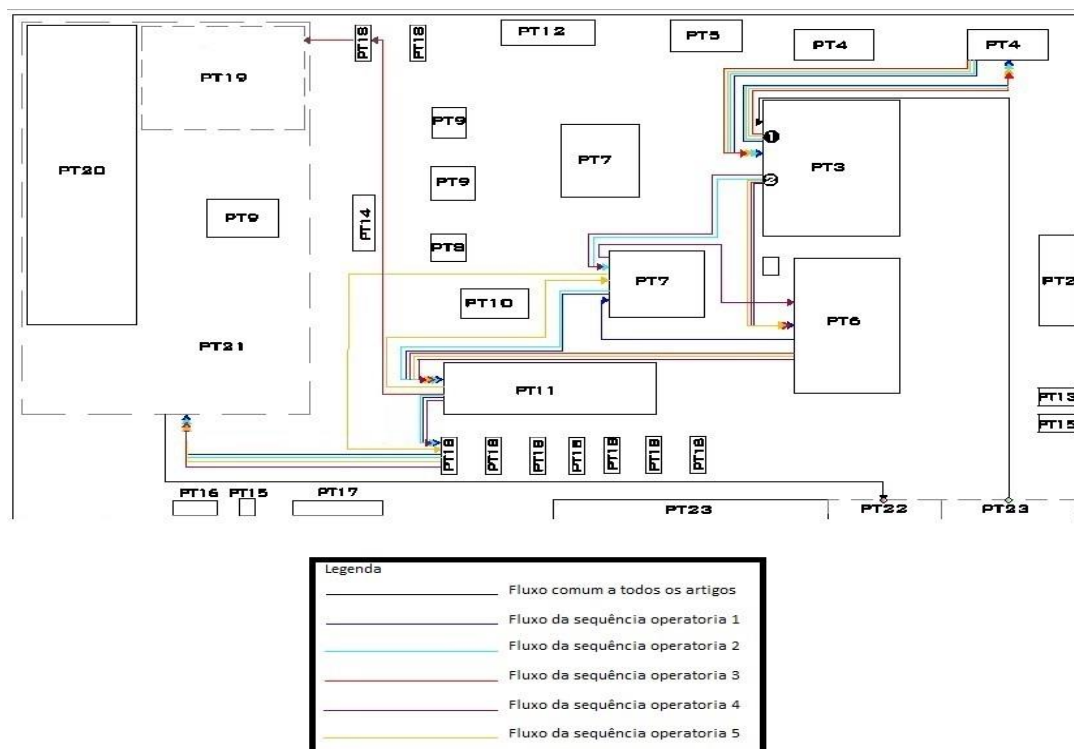


Figura 21- Cinco principais sequências/famílias operatórias

Observando a Figura 21 percebe-se que todos os postos têm precedências e que, embora todas as sequências sejam diferentes quando separadas por partes, possuem entre si grande semelhança em relação ao percurso percorrido pelo produto. De facto, o início, a saída das placas do armazém de placas, e o fim, o transporte dos produtos para a área de embalagem, de todas as sequências representadas na Figura 21 são comuns.

Note-se que os postos pt19, eletrificação, e pt21, acabamentos, encontram-se a tracejado, o que acontece pelas suas particularidades. No caso do pt21, a divisão comporta outros postos de trabalho que se realizam dentro do espaço delimitado, o pt9, o pt20 e o pt19, este último também se encontra a tracejado por não ser um posto regular, ou seja, a eletrificação dos artigos acontece inúmeras vezes nos próprios locais de montagem ou junto às atividades de acabamento, com a deslocação do electricista até ao local. Assim ambos os postos são irregulares e flexíveis e, por esse motivo, o fluxo dentro da delimitação do pt21 não foi considerado.

Repare-se também no adensar de fluxos entre os postos pt3 e pt4, respetivamente associados à seccionadora e a prensa. Isto sucede uma vez que depois do primeiro corte das placas, em partes mais pequenas, alguns dos produtos seguem para a colagem da folha de cobertura na prensa, colagem esta que fica com uma pequena folga nas extremidades da placa para evitar o escorrimento da cola fresca. Esta folga necessita também de ser cortada posteriormente à colagem e por isso volta a passar pela seccionadora. Assim, no esquema, encontram-se no posto pt3 dois números, 1 e 2, que simbolizam a primeira saída, para a prensa, e a segunda saída, depois dos produtos já terem passado pela prensa.

No Apêndice II encontra-se uma versão amplificada do layout da zona de transformação para cada um dos fluxos de cada família de produção identificada, incluindo a sequência operatória das multilaminas, ou sequência extra.

4.1.2. Abastecimento da matéria-prima e outros materiais

Os materiais utilizados na produção de mobiliário provêm fundamentalmente dos dois armazéns de matéria prima da empresa, o armazém das placas e o armazém das ferragens.

No momento do lançamento das necessidades de material para uma encomenda é automaticamente estipulado, pelos desenhos técnicos dos moveis/artigos para esta encomenda, o material necessário e as respetivas quantidades. Este material é assim comprado e armazenado, normalmente por excesso.

No caso do abastecimento das placas de madeira ou derivados, a sua requisição tem por base as quantidades exigidas na folha de corte (o documento com as medidas de corte a efetuar para a obtenção das partes constituintes dos moveis a produzir) produzida pelo encarregado geral e utilizada pelo operador da seccionadora, o pt3. Tanto o encarregado como este mesmo operador têm autorização para pedir a entrega das placas do armazém ou, em caso de necessidade, de as transportar pessoalmente com o apoio de um empilhador. De seguida deve ser registado o tipo e o número de placas utilizadas numa folha própria para o efeito, e associar ao número da encomenda para a qual estas se destinam, para que este documento possa depois ser utilizado para dar baixa de material no sistema informático pelo pessoal administrativo.

A situação do abastecimento via armazém de ferragens é diferente uma vez que o mesmo é utilizado por qualquer trabalhador. Este armazém contém materiais para abastecer as necessidades funcionais de todos os postos de trabalho. Os trabalhadores encarregues da pintura e/ou dos acabamentos utilizam frequentemente este armazém para levantar tintas e outros produtos químicos, os marceneiros, que se encontram nas mesas de montagem final, abastecem-se com grande recorrência de ferragens como parafusos ou dobradiças, sendo estes apenas alguns dos exemplos habituais. Contudo fita-colas para o embalamento, transformadores para a eletrificação, serras específicas para a substituição em algumas das máquinas de corte ou até equipamento de proteção pessoal, são tudo materiais armazenados neste local.

Esta variedade de materiais alocados no mesmo sítio, como se consegue verificar na Figura 22, faz com que apenas o trabalhador do armazém saiba, com alguma exatidão, o posicionamento geral dos mesmos.

O levantamento de material aqui é executado por pedido de qualquer trabalhador que precisar, tendo para isso apenas de informar para que encomenda o mesmo se destina, uma vez mais para que esse registo possa ser utilizado para dar baixa de stock no sistema informático.



Figura 22 - Armazém de ferragens.

4.1.3. Planeamento e controlo da produção e da qualidade

O planeamento da produção é executado em função dos prazos de entrega e das necessidades de produção. O encarregado tem, para além das ordens de fabrico, um mapa temporal, em papel, visivelmente afixado atrás do seu posto de trabalho, constantemente atualizado com o stock mobiliário atual e prospetivado para os próximos dias e semanas. Os dias assinalados correspondem aos dias marcados para o envio das encomendas, encomendas estas que se traduzem numa lista de moveis, enquanto o stock prospetivado equivale ao stock atual menos o cumulativo dos artigos a enviar em cada dia. Assim, como se observa na Figura 23, vários dos dias marcados pelo agendamento de envios encontram-se com stocks negativos, o que informa o encarregado da necessidade de produção desses moveis e do prazo disponível para efetuar o trabalho.

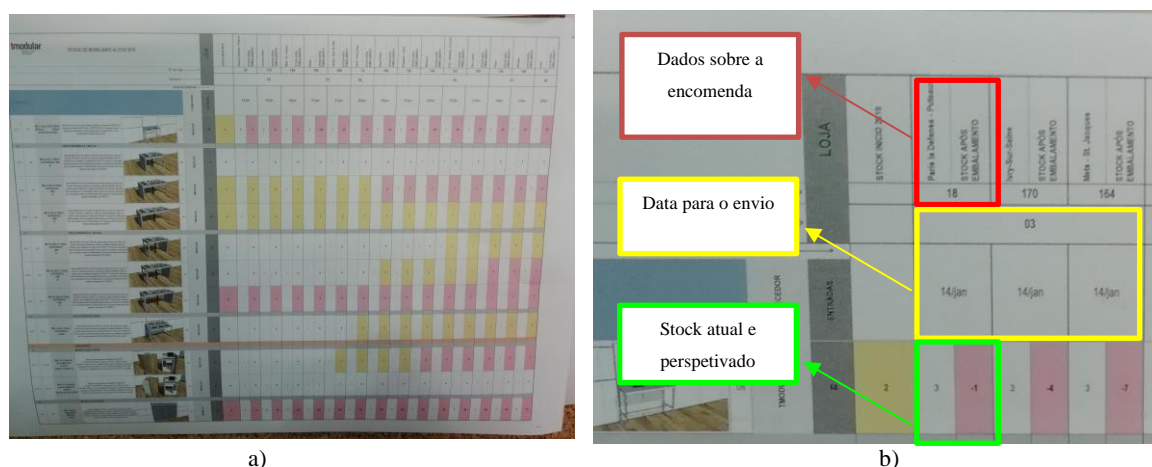


Figura 23 - Necessidades de stock (a) e informações chave (b).

Este documento é disponibilizado diretamente pelo preparador de obra responsável pela atualização informática do mesmo, baseando-se na contagem de stock dos trabalhadores do embalamento. Para além disto, o preparador possui um outro documento afixado atrás do seu posto de trabalho com as datas das chegadas dos camiões responsáveis pelo carregamento das encomendas para auxiliar o controlo temporal da produção.

Ao nível do controlo da qualidade, o mesmo é confiado a cada um dos trabalhadores com a responsabilidade de evitar o avanço na produção de uma peça de mobiliário com defeito avisando o encarregado geral. Contudo a maior responsabilidade assenta sobre os trabalhadores da zona de embalamento que escrutinam cada um dos artigos produzidos antes de embalar, garantindo que qualquer não conforme é barrado do envio ao cliente.

4.2. Análise crítica da situação atual e identificação de problemas

Tendo em conta a variedade e variabilidade de artigos produzidos, foi importante de seguida identificar alguns dos produtos mais relevantes para a empresa para que fosse possível analisar detalhadamente a sua cadeia de valor. Assim foram desenvolvidas duas análises ABC que permitiram estabelecer o ponto de partida para uma análise crítica da situação atual com a análise dos tempos, das operações e das cadeias de valor. No fim do capítulo destacar-se-ão um conjunto de problemas observados sobre os quais o resto do trabalho da dissertação se deverá debruçar em busca de propostas de resolução.

4.2.1. Identificação dos produtos mais relevantes a analisar

Quando uma fábrica trabalha em ambiente de *job shop* a seleção dos produtos mais relevantes na produção torna-se difícil. É, contudo, relevante considerar que, com a tendência da empresa em procurar o mercado do mobiliário comercial, a tipologia de produtos mais frequentemente requisitados pelos clientes, embora especificamente desenvolvidos para o pedido, assume uma matriz de produção muito semelhante, característica do mobiliário frequentemente encontrado em lojas de comércio. Assim como em 2018, a produção, e consequentemente também a faturação, da empresa foram fortemente afetadas pelo maior cliente desse ano, a Altice. Por isso foram efetuadas duas análises ABC, uma para quantidades produzidas e outra para valores de venda por tipo de artigo, dos produtos vendidos para este cliente nos primeiros 11 meses do ano, recorrendo-se aos dados existentes e facultados pela empresa aquando desta análise.

Relativamente aos dados das quantidades vendidas por tipologia de artigo, a análise ABC permitiu concluir que dos 37 tipos de produtos produzidos para a Altice, 13 pertencem à classe A, isto é, correspondem a 80% da produção. A Tabela 5 resume o resultado desta análise ABC, estando na Tabela 32, Apêndice III, todos os artigos considerados.

Tabela 5 - Análise ABC por quantidade de produto vendido.

| Nr de artigos | % artigos | % quantidade | Classe |
|---------------|-----------|--------------|--------|
| 13 | 35 | 80 | A |
| 5 | 49 | 90 | B |
| 19 | 100 | 100 | C |
| Total: | 100 | 100 | |

Procedeu-se a uma nova análise ABC, desta vez com base no valor faturado por tipologia de produto. Esta análise elimina o facto de na análise por quantidades estarem presentes artigos como o ME-SEP ou o ME-FS-0.13|0.13 que são acrílicos produzidos totalmente em *outsourcing* e que embora se representem na categoria A em termos de quantidades não têm proporcionalmente o mesmo peso ao nível do valor de vendas.

Relativamente aos dados dos valores faturados por tipologia de artigo foram consideradas menos duas tipologias em relação à análise ABC anterior por se tratarem de produtos únicos aos quais estão em falta os dados do seu valor de venda. Esta análise ABC permitiu concluir que dos 35 tipos de produtos identificados, 12 pertencem à classe A, isto é, correspondem a 79% da produção. A Tabela 6 resume o resultado desta análise ABC sendo que na Tabela 33 do Apêndice III estão todos os produtos considerados.

Tabela 6 - Análise ABC por valor faturado por tipo de produto.

| Nr de artigos | % artigos | % quantidade | Classe |
|---------------|-----------|--------------|--------|
| 12 | 34 | 79 | A |
| 7 | 54 | 91 | B |
| 16 | 100 | 100 | C |
| Total: | 100 | 100 | |

Do grupo de artigos incluídos na classe A escolheu-se o segundo artigo mais lucrativo, cerca de 8,9% da faturação, que é também o mais produzido, com 543 unidades, o “*descente murale trade* MAC CAC – MAC 0.9|1.85”. A esta escolha acresce o facto de ser um tipo de artigo que sofre todas as transformações sobre a mesma placa de derivado de madeira que inicia o processo, o que facilita a interpretação das ações efetuadas sobre a mesma em cada momento da produção.

4.2.2. Layout e fluxo da matéria-prima e outros componentes do expositor MAC CAC

Assim, atendendo às análises ABC, foi selecionado o expositor MAC CAC, sobre o qual se fez uma análise detalhada, iniciando-se por desenhar a BOM do produto. Além da placa mdf são necessários mais sete componentes para a concretização do produto, como se observa na BOM da Figura 24.

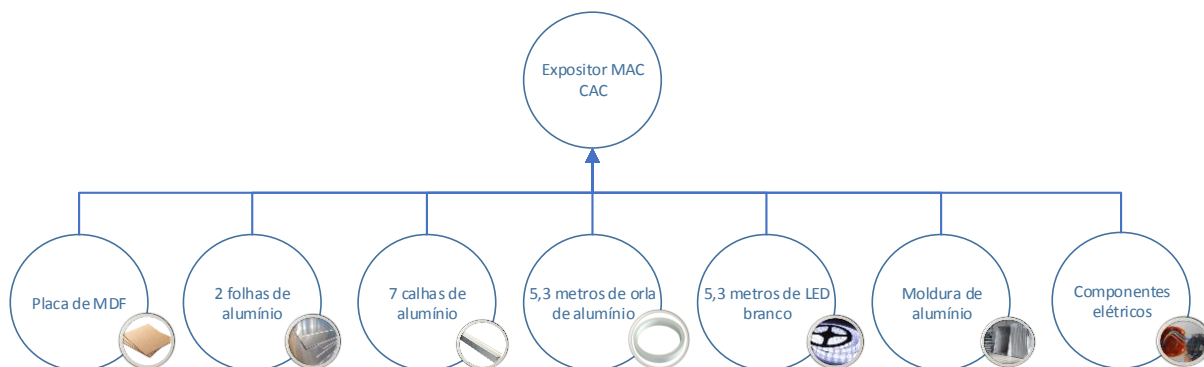


Figura 24 - BOM do expositor MAC CAC

Na Figura 25 pode ser visto o layout com o fluxo de materiais entre os postos de trabalho para os componentes enumerados.

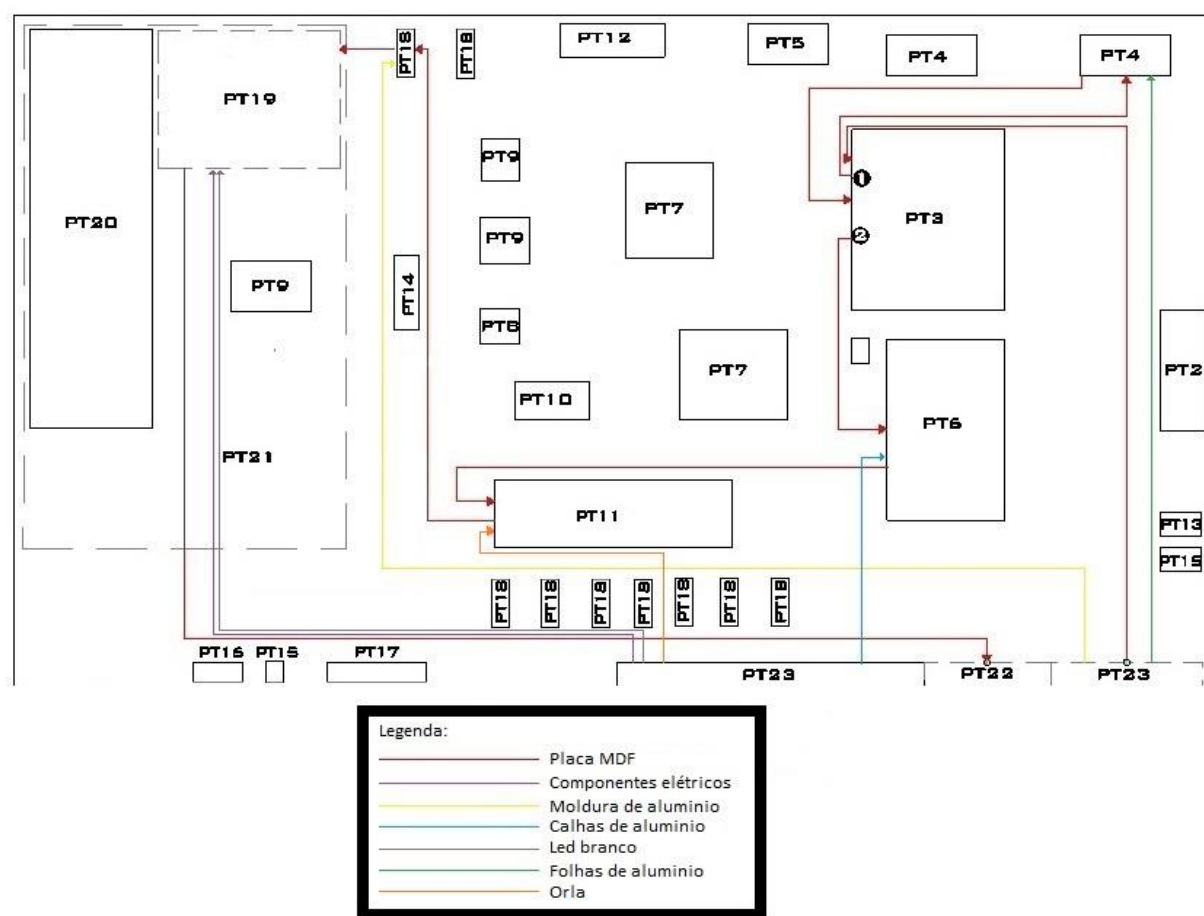


Figura 25 - Fluxo de materiais da matéria-prima e dos componentes do expositor MAC CAC analisado

Também foi necessário construir os diagramas de sequência para o produto, identificando os seis postos por onde passa a placa de mdf que é a matéria-prima base, apresentados na secção seguinte.

4.2.3. Análise das atividades realizadas nos postos de trabalho do expositor MAC-CAC

Para se perceber melhor que produto foi selecionado para uma análise mais detalhada apresenta-se na Figura 26 o expositor MAC CAC.



Figura 26 - Produto Descente Murale Trade MAC CAC

Foi realizado ainda para o processo produtivo deste produto, e para melhor compreender o funcionamento da produção em geral, um conjunto de diagramas de sequência-executante que permitiram identificar e analisar todas as atividades executadas em cada posto de trabalho deste processo. Neste exercício, a utilidade dos diagramas de sequência advém da capacidade de sintetização de um conjunto de informações, nomeadamente as distâncias percorridas, os tempos de execução de cada atividade e subatividade e, indiretamente, a identificação de desperdícios imputados à execução do operador durante um ciclo de trabalho.

Assim, no Apêndice IV encontram-se todos os diagramas de sequência-executante desenvolvidos para melhor compreender o sistema produtivo do produto em análise. A Tabela 7 sintetiza as informações mais relevantes a tirar dos diagramas, permitindo uma observação geral sobre a quantidade de atividades necessárias e o seu tipo em cada posto de trabalho, assim como a comparação entre o esforço despendido em atividades de valor acrescentado e não acrescentado, para além das distâncias percorridas pelos executantes e do tempo investido.

Tabela 7 - Informação resumida dos diagramas de sequências desenvolvidos.

| | | Pt3 | Pt4 | Pt3 | Pt6 | Pt11 | Pt18 | Pt19 | Pt21 |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Operação | ○ | 0 | 4 | 4 | 3 | 4 | 8 | 3 | - |
| Transporte | ⇒ | 2 | 3 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | - |
| Controlo | □ | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | - |
| Espera | ◻ | 1 | 0 | 4 | 2 | 8 | 0 | 0 | - |
| Armazenagem | ▽ | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| Total | | 5 | 10 | 10 | 10 | 17 | 14 | 5 | - |
| VA | | 20% | 40% | 40% | 25% | 47% | 21% | 60% | - |
| NVA | | 80% | 60% | 60% | 75% | 53% | 79% | 40% | - |
| Distância (m) | | 17 | 8 | 4 | 13 | 16,7 | 6 | 3 | - |
| Tempo (seg) | | 102,3 | 566,4 | 115,2 | 863,0 | 344,0 | 618,7 | 347,0 | - |

Analisando a Tabela 7 repara-se que na coluna do Pt21, correspondente ao momento dos acabamentos que, como estipulado na descrição das sequências operatórias, representaria teoricamente a última atividade para concluir o produto, se encontra sem informações. De facto, na prática, embora este produto também passe na zona associada ao trabalho de acabamento, não é executada nenhuma ação sobre o mesmo nesse sentido, seguindo diretamente para o embalamento.

Após esta anotação, o primeiro destaque observável na Tabela 7 é o facto de apenas num dos postos de trabalho o valor acrescentado ser superior aos 50%, nomeadamente no posto Pt19, correspondente à eletrificação. As operações dos postos pt3, pt6 e pt18 destacam-se pela negativa com os valores inferiores aos 30%.

As observações efetuadas para a realização destes diagramas foram efetuadas ao longo de vários dias, mais especificamente 10 dias úteis, uma vez que a sequência de operações não é contínua. Os trabalhos eram desenvolvidos nos postos à medida que estes se iam libertando de outros produtos, o que implica stocks intermédios que se acumulam durante largos períodos de tempo.

As distâncias percorridas durante a execução das atividades são mais relevantes nos postos pt3 (17m), pt6 (13m) e pt7 (16,7m). Já nos tempos de execução, o posto de trabalho nr 6, correspondente à CNC, é o mais demorado. De seguida é feita uma descrição detalhada dos acontecimentos implícitos em cada um dos postos mencionados.

4.2.3.1. Elevadas distâncias percorridas até à seccionadora (pt3)

A seccionadora representada na Figura 27 é a primeira etapa em todas as produções de mobiliário. É neste posto que a principal matéria prima utilizada na conceção dos móveis da tmodular, as placas de derivados de madeira, é seccionada, reduzindo os tamanhos de 2x3m e 3x3m em tamanhos adequados ao trabalho nos postos seguintes.



Figura 27 - Posto pt3 – Seccionadora

As operações aqui efetuadas não exigem especialização particular. O procedimento implica a leitura de uma folha de corte, pré-concebida pelo encarregado, com as medidas de corte necessárias para cada tipo de placa, e a sua inserção no computador da máquina. O resto do trabalho é físico sobretudo pela quantidade de transportes de material. Como se pode observar na Figura 28, a sequência de trabalho para este artigo comporta duas atividades de transporte, duas de armazenagem e uma de espera.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

Diagrama nº: 1

Folha nº: 1/1

Resumo

Produto: MAC 0.9| 1.85

Medida:

Artigo nº: 5.2

Atividade: Pt3 - Seccionadora (corte)

Localização: tmodular

Operadores: EDUARDO MANUEL ARAUJO GONCALVES

Método: Atual / ~~Proposto~~

Diagrama por:

Rui Gonçalves

Aprovado por:

Atividades

Operação

Transporte

Controlo

Espera

Armazenagem

Total

○

⇒

□

⏸

▽

Atual

0

2

0

1

2

17

102,3

Custo

</

Figura 28 - Extrato do diagrama de sequência -executante do posto pt3

Entre os transportes e o armazenamento são percorridos cerca de 17 metros numa atividade com um ciclo de apenas 102 segundos. Existem duas particularidades importantes sobre os metros percorridos. A mais importante advém do facto de que nos primeiros dois metros é feito o “arrastamento” das placas para cima da mesa de trabalho, placas estas com pesos médios de 70kg, no caso dos mdfs por exemplo. Isto é um peso normalmente demasiado elevado para ser erguido sem nenhum apoio podendo representar elevados risco ergonómicos. Para melhor analisar esta situação foi realizada uma análise ergonómica na secção 4.2.3.2. O segundo aspeto diz respeito ao deslocamento, com transporte, mais longo deste processo. Dos 17 metros percorridos, 11 acontecem porque de uma placa são conseguidas duas secções utilizáveis mais uma terceira de desperdício. Esta última possui, contudo, dimensões consideráveis que não a tornam inútil, por isto ela é levada para um depósito improvisado para que possa posteriormente ser utilizada para outros efeitos. A passagem por este posto é repetida após o posto pt4 para um novo corte, justificado no subcapítulo seguinte.

4.2.3.2. Análise REBA aos riscos ergonómicos na seccionadora

A análise deste posto de trabalho levou à identificação de uma possível situação de alto risco postural de trabalho. De facto, quando o operador da seccionadora efetua o transporte de placas para cima da mesa de trabalho fá-lo manualmente sem qualquer apoio mecânico ou método padronizado.

Para proceder a uma análise fundamentada deste risco foi utilizado o método *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) (Anexo III) por ser adequado para posturas de risco que envolvam todas as partes do corpo. Selecionaram-se duas posturas sequenciais diferentes, resultantes da mesma atividade, para esta avaliação ergonómica que se encontra no Apêndice V. Na Tabela 8 estão os resultados obtidos para cada postura estudada.

Tabela 8 – Resultados da análise REBA

| Postura | Pontuação REBA | Nível de risco | Urgência de medidas |
|--------------|----------------|----------------|---------------------------|
| Postura nr 1 | 7 | Médio | Necessárias a médio prazo |
| Postura nr 2 | 7 | Médio | Necessárias a médio prazo |

Conclui-se que os riscos ergonómicos receados no manuseamento das placas pelo operador no posto pt3 são efetivos, embora de gravidade intermédia, e que medidas para a sua atenuação, ou eliminação, são necessárias a médio prazo para o bem-estar do trabalhador.

4.2.3.3. Elevado número de atividades de controlo na prensa (pt4)

Na prensa representada na Figura 29 é efetuada a colagem de folhas de vários materiais, das imitações de madeira ao alumínio, para garantir o aspeto exterior pretendido para os móveis em

produção. Este trabalho não necessita de qualquer formação particular sendo frequentemente praticado por trabalhadores não especializados.

A metodologia de trabalho passa por aplicar uma camada de cola sobre a placa, numa mesa situada à frente da máquina, seguindo-se a colocação da folha estipulada sobre a cola e acabando com a inserção do conjunto dentro da prensa que, por pressão durante um período de tempo (entre duas e três horas, dependendo do material e da temperatura ambiente), concretiza a colagem.

O output deste processo é praticamente todo encaminhado como input para o posto pt3, a seccionadora. Isto acontece porque a folha de cobertura utilizada é sempre maior do que a placa base para que, durante o processo de prensagem, não exista o risco de escorrimento de cola entre as placas empilhadas dentro da prensa, o que implica uma nova passagem pelo pt3 para cortar os excessos.



Figura 29 - Pt4 – Prensa

Pela síntese do diagrama de sequência na Figura 30 se percebe que cerca de 30% das atividades são de controlo, representando os vários momentos de limpeza da placa para garantir a eliminação de pó que possa comprometer a colagem uniforme da folha.

O tempo real de operação é inferior aos 10 minutos, sendo que as 2/3 horas de colagem não são consideradas como esperas porque os trabalhadores que estiverem neste posto são realocados para outras tarefas.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

Diagrama nº: 2

Folha nº: 1/1

Resumo

| Produto: MAC 0.9 1.85 | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
|---|----------------------------|-------------|-------|----------------------|-------|
| Medida: | Operação | ○ | 4 | | |
| Artigo nº: 5.2 | Transporte | ⇒ | 3 | | |
| Atividade: Pt4 - Prensa (colagem) | Controlo | □ | 3 | | |
| | Espera | D | 0 | | |
| Localização: tmodular | Armazenagem | ▽ | 0 | | |
| | Total | | | | |
| Operadores:DOMINGOS ANIBAL SOARES RODRIGUES | Distância (m) | | 8 | | |
| Método: Atual / Proposto | Tempo de processamento (s) | | 566,4 | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | |
| Rui Gonçalves | 20/03/2019 | Mão-de-obra | | custo operador/ciclo | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | |
| | | Total | - € | | |

Figura 30 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt4

4.2.3.4. Elevado tempo de espera na CNC (pt6)

No posto de trabalho 6 (Figura 31) é utilizada uma máquina de controlo numérico computadorizado para os trabalhos de corte e maquinação complexos para a seccionadora e demorados para o trabalho manual.

A definição dos desenhos de corte inseridos no computador da máquina pode ser feita na própria interface do aparelho ou num computador externo. Atualmente a segunda opção é a habitualmente praticada embora seja propícia a alguns problemas de compatibilidade entre o programa usado no computador e o programa da CNC. É também assinalável que os mesmos desenhos são efetuados pelo preparador de obra e não pelo operador do posto apenas por opção uma vez que o mesmo tem a capacidade de os executar. Pela especialização que a máquina exige é um posto onde a contínua formação é aconselhável ou até mesmo necessária.

Ainda sobre os desenhos de corte é importante assinalar que o seu planeamento é essencial na busca de uma melhoria dos processos produtivos. O trabalho desenvolvido neste posto poderia, frequentemente, ser executado pelo marceneiro de forma manual ou com o auxílio de equipamentos ligeiros, nas mesas de montagem, contudo o tempo consumido seria consideravelmente superior, muitas vezes mais do que quadruplicado.



Figura 31 - Pt6 - Máquina CNC

Para o produto em análise o trabalho realizado neste posto visa a obtenção de sete reentrâncias horizontais ao longo da placa, recebida da seccionadora, para que possam posteriormente ser inseridas calhas de alumínio. Este processo exige um corte de grande exatidão para que a colocação das calhas seja fácil.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

tmodular

engenharia e arte em madeira

| | | | | | | |
|---|---------------|----------------------------|---|----------------------|----------|-------|
| Diagrama nº: 4 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
| Medida: | | Operação | ○ | 3 | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | → | 1 | | |
| Atividade: Pt6 - CNC (corte e maquinação) | | Controlo | □ | 2 | | |
| | | Espera | D | 2 | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 1 | | |
| | | Total | | | | |
| Operadores:CARLOS JOAQUIM VEIGA TEIXEIRA | | Distância (m) | | 13 | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 863,0 | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | |
| Rui Gonçalves | 26/03/2019 | Mão-de-obra | | custo operador/ciclo | | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | |
| | | Total | | - € | | |

Figura 32 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt6

Embora esta máquina possa simplificar e reduzir o tempo de trabalho dos marceneiros num momento mais adiantado da produção, a sua versatilidade não encobre os limites de capacidade. Como se pode observar na Figura 32 o processo mapeado possui nove atividades, das quais só três são operações diretas do operador, e duas destas relacionadas com a utilização da interface

da CNC. Contudo as atividades mais destacáveis estão relacionadas com esperas, correspondentes a 82% dos 863 segundos (14,4 minutos) de trabalho nesta peça. Esta situação demonstra os longos ciclos deste posto que implicam um risco de afunilamento de produção e acumulação de trabalho, o que leva, frequentemente, a alterações nas sequências estipuladas de produção, tais como a passagem do produto pelo pt11, a orladora, antes deste chegar à CNC.

Implica ainda obrigatoriamente longas esperas por parte do operador, principalmente em peças mais complexas. Este problema é frequente noutras indústrias familiarizadas com o uso de CNCs que, como resposta, usualmente possuem duas máquinas CNC operadas por um só operador para agilizar o trabalho e reduzir tempos “mortos”.

4.2.3.5. Desgaste da Orladora (pt11)

No posto de trabalho 11 representado na Figura 33, a atividade de orlar traduz-se na colagem de uma fita nas laterais de uma placa, normalmente com o mesmo material da superfície, seja ele natural ao tipo de derivado de madeira em questão ou o usado na folha colada por cima da placa durante a prensagem. O objetivo final deste processo é primordialmente estético oferecendo maior qualidade de acabamento as peças. No caso do produto em análise a orla é de alumínio.



Figura 33 - Pt11 – Orladora

Neste posto, oito das atividades relacionam-se com esperas e quatro com transportes, sendo que apenas outras quatro correspondem a operações do operador, como se pode observar na Figura 34. Tendo em conta que a máquina só orla um lado de placa à vez, e que esse processo é feito por arrastamento ao longo dos quase seis metros que a mesma possui, a máquina possui um

tapete transportador para que a peça retorne ao ponto de trabalho do operador, reduzindo as deslocações, e os transportes, a movimentos residuais entre o fim do tapete e a entrada da máquina.







| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | |  |
|---|---------------|----------------------------|---|-------|----------------------|---|
| Diagrama nº: 5 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
| Medida: | | Operação |  | 4 | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte |  | 4 | | |
| Atividade: Pt11 - Orladora (orlar laterais) | | Controlo |  | 0 | | |
| | | Espera |  | 8 | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem |  | 1 | | |
| | | Total | | | | |
| Operadores: FRANCISCO PAULO GOMES DE ABREU | | Distância (m) | | 16,7 | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 344,0 | | |
| Diagrama por: | | Custo | | | | |
| Rui Gonçalves | | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | |
| Aprovado por: | | Material | | | | |
| | | Total | | - € | | |

Figura 34 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt11

Outro aspeto relevante é o facto de que todas as operações efetuadas pelo operador seriam desnecessárias se a orladora estivesse a funcionar em plenas condições. Estas atividades representam o ajuste/corte manual do excesso de orla, que surge ao fim de cada lado orlado, devido à avaria dos sensores de posição do terceiro modulo, um motor de corte, observável na Figura 35.

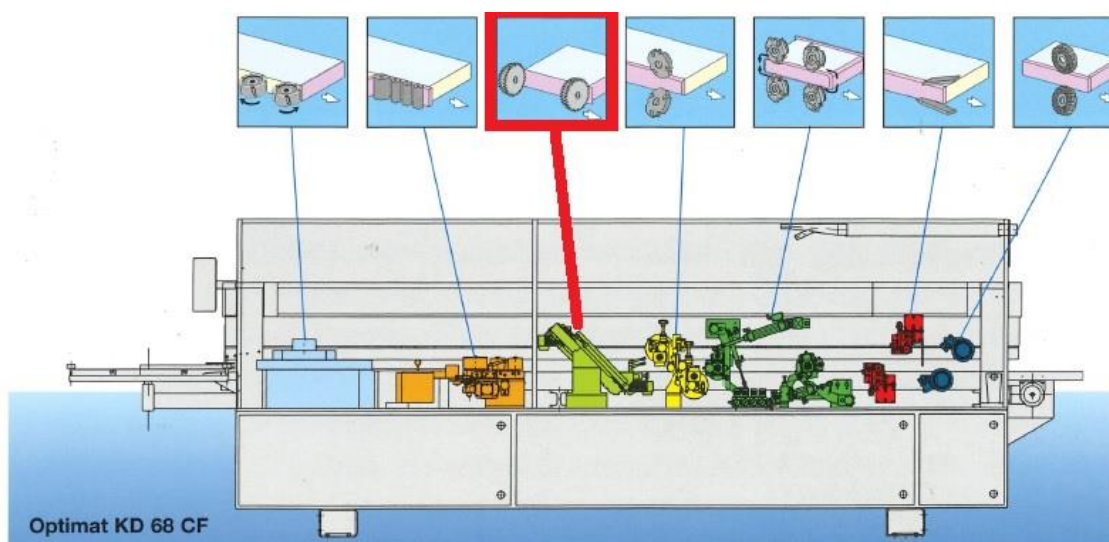


Figura 35 - Representação dos módulos constituintes da orladora

De facto, a máquina apresenta algum desgaste, visível com a existência de repetidos problemas ao longo dos meses de estágio. Uma melhor análise da situação real do problema será apresentada de seguida.

4.2.3.6. Análise da taxa de falhas da Orladora

Para melhor compreender o estado de conservação mecânica da máquina foi procurado um método de apreciação estatística à frequência de falhas. Embora a substituição da orladora seja já pensada pela gestão da carpintaria é importante quantificar a necessidade com dados reais. A distribuição de *weibull*, apresentada na secção 2.2.6, é uma análise estatística que permite, com base nos momentos de falha de um equipamento e nos intervalos entre esses acontecimentos, estimar se este se encontra ainda dentro do período de vida útil ou, se pelo contrário, está em fase de desgaste e consequente fim de vida. O modelo, também conhecido como “curva da banheira”, enquadra a distribuição obtida pela taxa de falhas numa das três zonas observadas na Figura 36.

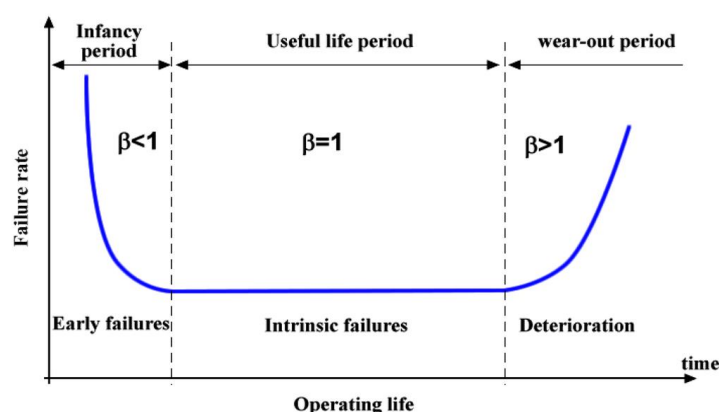


Figura 36 - Curva da banheira (Tchakoua et al., 2014)

Pela idade do equipamento é expectável que os resultados se aproximem do declive nulo, se ainda se encontrar na fase de vida útil, ou do declive positivo, na fase de “desgaste”, justificando assim um possível plano de substituição.

Para executar esta análise é necessário conhecer os momentos de falha da máquina e o número de horas trabalhadas entre cada momento. Assim começou-se por efetuar o levantamento dos dados de falhas que se encontram arquivados através das faturas de manutenções desde 2011, como se pode observar na Tabela 9. Todas as manutenções foram consideradas não planeadas. As datas efetivas de manutenção foram usadas como datas de falha uma vez que, não existindo registos mais assertivos, e embora as intervenções aconteçam alguns dias depois do momento de falha, esta situação é comum a todas as manutenções registadas, o que reduz o enviesamento dos dados.

Tabela 9- Dados das manutenções faturadas da orladora

| Ano | Descrição da fatura para o custo | Data efetiva | Custo | Total |
|------|--|--------------|----------|------------|
| 2011 | BOTÃO DE EMERGÊNCIA | 21/11/2011 | 22,61 € | 22,61 € |
| | ELEMENTO CONTACTOR GE 01 | | | |
| | LUBRIFICANTES | | | |
| | MATERIAL DE LIMPEZA | | | |
| 2012 | ARRANJO DO POTE DE COLA | 22/03/2012 | 37,50 € | 531,50 € |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | 17/08/2012 | 494,00 € | |
| | ROLAMENTOS 6205 ZZFAG | | | |
| | KIT VEDANTES PARA O POTE | | | |
| | LIMPEZA DE POTE | | | |
| | LIQUIDO DE LIMPEZA | | | |
| | BOTIJA DE GAS | | | |
| 2013 | SPRAY MULTIFUNÇÕES | 31/01/2013 | 26,33 € | 1 567,90 € |
| | MASSA MULTIUSOS BRANCA WG 171-400ML | | | |
| | ELEMENTO CONTACTOR GE 01 | | | |
| | BOTAO EMERGENCIA | | | |
| | PUXADOR ESTRELA M8 E OUTRO M10 | | | |
| | TUBO FLEXIVEL VENTILAÇÃO 120 (MT) | | | |
| | TOMADA RAPIDA NA P/MANGUEIRA 16/A 6X14 | | | |
| | ABRAÇADEIRA VENT 65 A 130 | | | |
| | MATERIAL LIMPEZA E LUBRIFICANTES | | | |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | | | |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | 02/05/2013 | 224,48 € | |
| | SONDA TEMPERATURA DO QUICK-MELT | | 60,85 € | |
| | KIT AQUECIMENTO | | 247,00 € | |
| | PLACA INFERIOR NYLON TUBO QUICK-MELT KD7 | | 28,63 € | |
| | PLACA ISOLADORA 3-604-16-1530 | | 114,60 € | |
| | CABECA RESISTENCIAS QUICK-MELT | | 215,00 € | |
| | TUBO DOSAGEM COLA QUICK-MELT KD77 | | 300,00 € | |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | 09/07/2013 | 84,38 € | |
| | | 23/07/2013 | 102,38 € | |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | 24/10/2013 | 67,50 € | |
| | MDO E DESLOCAÇÕES | 17/12/2013 | 96,75 € | |
| 2014 | - | 30/05/2014 | 140,00 € | 207,50 € |
| | - | 30/09/2014 | 67,50 € | |
| 2015 | - | - | - | |
| 2016 | - | 28/04/2016 | 82,00 € | 1 781,00 € |
| | - | 25/07/2016 | 32,00 € | |
| | MOLA HOMAG 3001061730 | | 12,00 € | |
| | ROLO COLA 1,6 HOMAG 2006802510 | | 772,50 € | |
| | Kit VEDANTES | | 73,50 € | |
| | - | 30/08/2016 | 441,00 € | |
| | - | 04/10/2016 | 288,00 € | |
| | - | 15/11/2016 | 80,00 € | |
| | | | | |
| 2017 | TERMOSTATO CILINDRO | 09/01/2017 | 81,50 € | 612,24 € |
| | - | 31/03/2017 | 360,74 € | |
| | - | 29/12/2017 | 170,00 € | |
| 2018 | - | 29/03/2018 | 816,00 € | 1 380,93 € |
| | - | 30/05/2018 | 70,43 € | |
| | - | 24/10/2018 | 210,20 € | |
| | - | 20/11/2018 | 216,80 € | |
| | - | 03/12/2018 | 67,50 € | |
| 2019 | - | - | - | |

Observa-se que muitas das descrições estão sem conteúdo o que acontece por falta de discriminação nas faturas utilizadas para a obtenção destes dados. Como a estas datas é necessário conjugar as horas trabalhadas entre os momentos de falha e o registo das horas trabalhadas existe apenas desde de 2015 (dados observáveis na tabela dinâmica da Figura 37), apenas os dados a partir desta data foram considerados para esta análise.

| | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| Denominação do objeto técnico | ORLADORA BRANDT OPTIMAT KD68CF MAQ10 | |
| Soma de Quantidade | Rótulos de Coluna | |
| Rótulos de Linha | 000000000003000993 | Total horas |
| 2015 | 377,47 | 377,47 |
| Trim1 | 56,58 | 56,58 |
| Trim2 | 93,42 | 93,42 |
| Trim3 | 125,73 | 125,73 |
| Trim4 | 101,74 | 101,74 |
| 2016 | 194,08 | 194,08 |
| Trim1 | 38,83 | 38,83 |
| Trim2 | 107,5 | 107,5 |
| Trim3 | 10,75 | 10,75 |
| Trim4 | 37 | 37 |
| 2017 | 157,18 | 157,18 |
| Trim1 | 34,5 | 34,5 |
| Trim2 | 21,5 | 21,5 |
| Trim3 | 33,18 | 33,18 |
| Trim4 | 68 | 68 |
| 2018 | 632 | 632 |
| Trim1 | 100 | 100 |
| Trim2 | 127 | 127 |
| Trim3 | 49 | 49 |
| Trim4 | 356 | 356 |
| Total horas | 1360,73 | 1360,73 |

Figura 37 - Número de horas trabalhadas registadas para a orladora desde 2015

Aplicando-se o modelo de *weibull* aos dados recolhidos obtém-se a Tabela 10. Aqui considerou-se o parâmetro γ , correspondente ao deslocamento da função, nulo uma vez mais pela inexistência de dados com as horas trabalhadas antes de 2015.

Tabela 10 - Resultados da aplicação do modelo da distribuição de weibull para os tempos de falha da máquina

| Nr | Tempo de falha (em horas) | $F(t) = (K-0,3)/(N+0,4)$ | $\ln(t-\gamma)$ | $\ln[\ln(1/(1-F(t)))]$ |
|----|------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | 428,8 | 0,05 | 6,06 | -2,93 |
| 2 | 524,3 | 0,13 | 6,26 | -2,00 |
| 3 | 524,55 | 0,20 | 6,26 | -1,49 |
| 4 | 534,55 | 0,28 | 6,28 | -1,13 |
| 5 | 552,55 | 0,35 | 6,31 | -0,84 |
| 6 | 571,55 | 0,43 | 6,35 | -0,59 |
| 7 | 606,05 | 0,50 | 6,41 | -0,37 |
| 8 | 728,73 | 0,57 | 6,59 | -0,16 |
| 9 | 828,73 | 0,65 | 6,72 | 0,05 |
| 10 | 910,73 | 0,72 | 6,81 | 0,25 |
| 11 | 1074,73 | 0,80 | 6,98 | 0,47 |
| 12 | 1191,73 | 0,87 | 7,08 | 0,72 |
| 13 | 1227,73 | 0,95 | 7,11 | 1,08 |

Segue-se na Figura 38 uma representação gráfica dos resultados obtidos nas últimas duas colunas da tabela representada na Tabela 10. Ajustando uma reta de regressão aos pontos

obtemos uma equação onde o declive corresponde ao estimador do parâmetro de forma da distribuição de *weibull* ($\beta = 2,9887$).

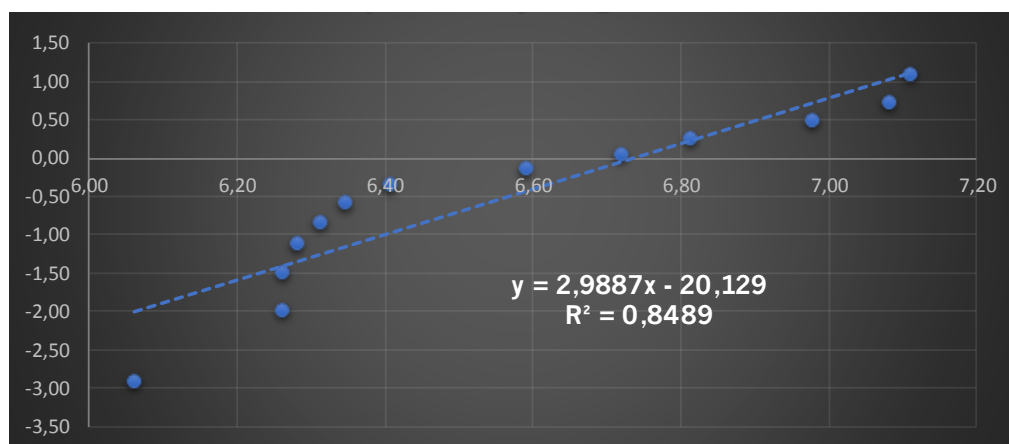
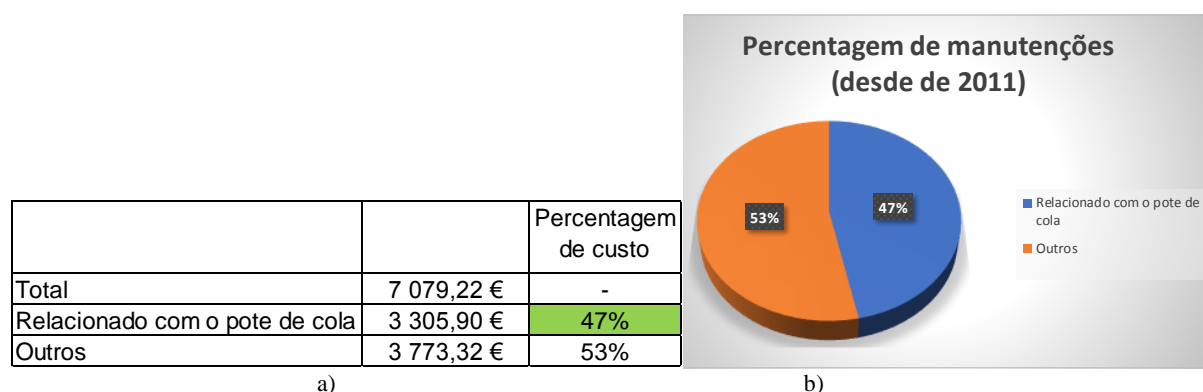


Figura 38 - Representação gráfica da reta obtida

Uma vez que $\beta \gg 1$ então, pela “curva da banheira” de *weibull*, deduz-se que a probabilidade da máquina se encontrar numa fase de desgaste ou obsolescência é alta. Embora o coeficiente de determinação (R^2) seja bastante baixo, podendo indicar algumas debilidades no modelo usado, este resultado, conjugado com as recentes avarias observadas durante este ano ainda não incluídas na análise e com a idade da máquina (adquirida em 2002), aponta para que exista justificação suficiente para preparar um plano de substituição da mesma.

Acrescenta-se ainda que, das manutenções e peças discriminadas nas faturas, quase metade estão relacionadas com o pote de cola da máquina, como se pode perceber pela

Figura 39. Isto indicaria a necessidade de garantir um stock de potes de cola para substituição e de fornecer uma formação interna para a sua manutenção, reduzindo assim essencialmente os tempos de paragem por avaria da máquina. Contudo de momento, embora a formação pareça possível, a empresa responsável pela manutenção não fornece o serviço.



a) b)
Figura 39 - Gastos com a manutenção (a) e representação gráfica do impacto do pote de cola

4.2.3.7. Desorganização e falta de padronização na montagem (pt18)

Para o artigo em análise a montagem não é um processo muito complexo quando comparado com outros móveis produzidos na tmodular que podem levar entre algumas horas a dias, só neste posto. Neste caso o trabalho estende-se por cerca de 10 minutos, com um total de 14 atividades, oito delas relativas a operações do trabalhador, como se pode verificar na Figura 40.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

tmodular

engenharia e arte em madeira

| | | | | | | |
|---|---------------|----------------------------|---|-------|----------------------|-------|
| Diagrama nº: 6 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
| Medida: | | Operação | ○ | 8 | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | ⇒ | 3 | | |
| Atividade: Pt18 - Montagem | | Controlo | □ | 2 | | |
| | | Espera | ⌚ | 0 | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 1 | | |
| | | Total | | | | |
| Operadores:DOMINGOS ANIBAL SOARES RODRIGUES | | Distância (m) | | 6 | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 618,7 | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | |
| Rui Gonçalves | 28/03/2019 | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | |
| | | Total | | - € | | |

Figura 40 - Cabeçalho do diagrama de sequência de executante do posto pt18

Numa observação geral são evidentes os problemas de desorganização e de falta de padronização nas mesas de montagem. É frequente observar-se ineficiências como ferramentas espalhadas pela mesa, algumas não necessárias para as próximas horas, e soluções improvisadas tais como anexos criados para armazenar ferragens e talos de madeira colocados nos pés da mesa para que a altura do tampo se adeque à altura do trabalhador (Figura 41). Neste momento cada posto de trabalho é assim personalizado pelo trabalhador que o usa.

Outra situação importante é o facto de alguns trabalhadores assumirem usar ferramentas pessoais para a execução das tarefas. Para além de ser uma situação não desejável este problema destaca outro aspeto relevante, o facto de não existirem registos de inventario de quantas e quais ferramentas são da tmodular.



Figura 41 - Exemplo de uma mesa de trabalho para montagem

4.2.2.7 Desadequação do posto de eletrificação (pt19)

Visto que os produtos principais da tmodular visam o recheio de lojas, muitos dos móveis são projetados como balcões de atendimento ou expositores de produtos, o que exige facilidade de acesso à rede elétrica e/ou à internet. O processo de eletrificação na tmodular implica por isso atividades como a instalação de transformadores elétricos ou de modems para ligação à rede para além de outros componentes estéticos tais como os leds de iluminação.

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

tmodular

engenharia e arte em madeira

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|----------------------------|---|-------|----------------------|-------|
| Diagrama nº: 7 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
| Medida: | | Operação | ○ | 3 | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | ⇒ | 1 | | |
| Atividade: Pt19 - Eletrificação | | Controlo | □ | 0 | | |
| | | Espera | D | 0 | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 1 | | |
| | | Total | | | | |
| Operadores: ROBERTO SILVA | | Distância (m) | | 3 | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 347,0 | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | |
| Rui Gonçalves | 28/03/2019 | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | |
| | | Total | | - € | | |

Figura 42 - Extrato do diagrama de sequência de executante do posto pt19

No produto em análise especificamente é colocado, durante as três atividades de operação (Figura 42), um transformador e uma tomada para a ligação de um led branco.

Embora este posto de trabalho esteja também fisicamente definido com uma mesa de trabalho, é, raras vezes, um posto fixo. De facto, devido às grandes dimensões de muitos produtos, as atividades destes operadores são frequentemente realizadas a par das atividades de montagem,

em cooperação com os marceneiros. Assim, o local físico é utilizado para atividades habituais de setup, preparação e teste dos componentes elétricos.

4.2.4. Análise geral da cadeia de valor da transformação

A análise da cadeia de valor efetuada não foi direcionada pela análise ABC como é frequentemente o caso na literatura. O objetivo desta secção passa pela constatação mais global do sistema produtivo e das suas debilidades sem que se foque em nenhuma família de produtos em particular.

Assim foi utilizada a ferramenta *Waste Identification Diagram* (WID) e foram analisados seis postos de trabalho, dos quais cinco antecedem o posto de montagem (pt18) que não foi alvo de estudo. As particularidades deste posto, ainda de carácter artesanal com poucas diretivas de trabalho, onde os procedimentos são acentuadamente de iniciativa pessoal, ou seja, onde cada trabalhador tem o seu método, para além da variabilidade dos procedimentos conforme o produto a trabalhar, dificultam a síntese das suas atividades neste diagrama. Assim é possível que este posto justifique um estudo particular, o que, contudo, não entra no âmbito deste projeto pelas diretivas da empresa.

Os objetivos desta análise, neste contexto, passam por constatar quais são os postos críticos e propícios a afunilar o ritmo produtivo, e as razões inerentes, sem que seja necessário aprofundar o estudo dos tempos. Procura-se ainda retirar alguns indicadores gerais do sistema e encontrar um método legítimo para a determinação aproximada de *takt times* e tempos de estação. Na representação deste diagrama é necessário obter os seguintes dados, tal como referido na secção 2.2.4 da revisão bibliográfica:

- *Takt time*
- Tempo de estação
- Tempo de *setup*
- WIP – *Work in progress*
- Distâncias percorridas
- Quantidades transportadas entre postos

Para além destes, foi integrada ainda uma amostragem do trabalho, por estação, para identificar os desperdícios na utilização de mão de obra, a qual se encontra totalmente explicada no Apêndice VI.

Para melhor compreender a relação gráfica entre estes conceitos no diagrama segue-se a apresentação do exemplo da Figura 43 para o posto pt11.

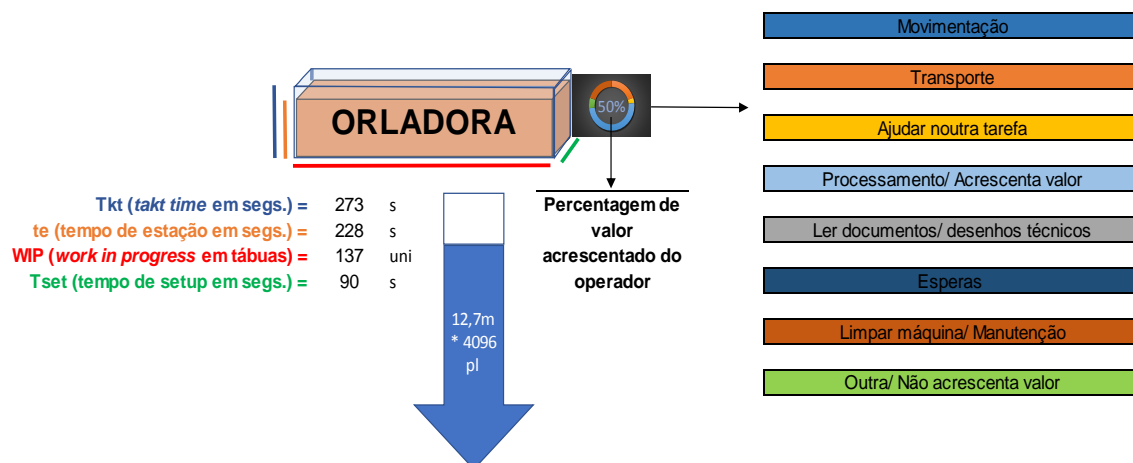


Figura 43 - Dados para cada posto de trabalho no WID

Cada bloco transparente do diagrama, como o do exemplo da Figura 43, é composto por três dimensões essenciais. A altura para o *takt time*, o comprimento para o *work in progress* e a profundidade para o tempo de *setup*. Dentro, estas dimensões encontram-se preenchidas a laranja de acordo com os valores obtidos para as dimensões, com a altura a simbolizar o tempo da estação.

Uma vez que este diagrama pretende representar o sistema produtivo para uma generalidade dos produtos produzidos foi necessário encontrar uma unidade de produção comum. Assim, tendo em conta que todos os móveis começam pela operação de secção das placas, e que as secções obtidas são o objeto de trabalho dos postos que se seguem, adequa-se a utilização destas como unidade de trabalho básica. Como apenas o número de placas de matéria prima utilizadas é contabilizado para efeitos de registo, e o objeto de cálculo teria por base a unidade seccionada, determinou-se que, em média, cada placa correspondia a sete tábuas seccionadas. Este valor é apenas aproximado, tendo em conta a experiência do operador do posto, uma vez que o facto de o número de cortes por placa variar com o móvel a produzir, para além de que as próprias placas possuem dimensões diferentes conforme o modelo, torna a determinação exata do número complexa para os dados existentes.

Com os dados dos consumos de placas, e com a assunção das sete tábuas obtidas por placa, é então necessário perceber quantas das tábuas passam em média por cada um dos postos a estudar. Novamente, por inexistência de dados concretos dos consumos de cada posto

(relembrando que os únicos consumos, ao nível da matéria prima proveniente do armazém de placas, registados são os consumos do pt3, a seccionadora) foi pensada uma solução alternativa. Assim, com o intuito de perceber aproximadamente quantas tábuas eram enviadas de um determinado posto para os seguintes, foi efetuada uma amostragem, através da distribuição de folhas de registo (que se pode observar no Apêndice VII) pelos postos em causa, onde foi requisitado aos trabalhadores que diariamente, durante duas semanas, assinalassem quantos conjuntos de tábuas tinha produzido para cada secção seguinte. Os resultados obtidos em percentagem podem ser constatados na Tabela 11 que se segue.

Tabela 11 - Síntese dos resultados obtidos pelas folhas de contagem

| | Pt23 - Armazem | Pt3 - Seccionadora | Pt4 - Prensa | Pt6 - CNC | Pt7 - Esquadrejadora | Pt11 - Orladora | Pt5 - Topia | Pt18 - Montagem | Pt22 - Embalamento |
|----------------------|----------------|--------------------|--------------|-----------|----------------------|-----------------|-------------|-----------------|--------------------|
| Pt23 - Armazem | - | 100% | - | - | - | - | - | - | - |
| Pt3 - Seccionadora | - | - | 8% | 12% | 0% | 81% | 0% | 0% | - |
| Pt4 - Prensa | - | 100% | - | - | - | - | - | - | - |
| Pt6 - CNC | - | 0% | - | - | 36% | 18% | 0% | 45% | - |
| Pt7 - Esquadrejadora | - | 0% | - | 0% | - | 0% | 0% | 100% | - |
| Pt11 - Orladora | - | 0% | - | 53% | 16% | - | 16% | 16% | - |
| Pt5 - Topia | - | - | - | - | - | 0% | - | 0% | - |
| Pt18 - Montagem | - | - | - | - | - | - | - | - | 100% |

Tendo estes pressupostos assumidos partiu-se para a obtenção das medidas temporais de cada posto. Em relação aos tempos de *takt*, que neste diagrama simbolizam o tempo que cada posto de trabalho tem para executar a sua transformação numa tábua, tendo em conta os dados do ano anterior, como estes são função da procura associada a cada estação, e como para cada estação apenas uma percentagem das tábuas trabalhadas nas secções anteriores lhes é atribuída, então diferentes tempos vão ser atribuídos. Assim o cálculo efetuado começa com a determinação do número de placas utilizadas no ano transato para a produção de móveis como se pode observar na Tabela 12.

Tabela 12 - Número e tipo de placas usadas durante o ano 2018

| Tipo de placa | Quantidade (uni) | Quantidade sem o gasto em paletes (uni) |
|---|------------------|---|
| Aglomerados | 7687 | 7302 |
| Contraplacados | 93 | 93 |
| MDF | 2186 | 2186 |
| Compacto fenólico | 376 | 376 |
| Total | 10342 | 9957 |
| Placas para Outsourcing (60%) | 6205 | 5974 |
| Placas para trabalho interno (40%) | 4137 | 3983 |

Note-se que de todas as placas compradas durante o ano de 2018, cerca de 60% foram reencaminhadas para empresas de outsourcing para além de que aproximadamente 385 não entraram na produção de mobiliário pois foram usadas para paletes.

De seguida, com base na Equação 1 e na Equação 2 da secção 2.2.4 da revisão bibliográfica, estes valores foram conjugados com a média pré-determinada de sete tábuas obtidas por cada placa e com as percentagens de fluxo de trabalho entre postos, como se pode perceber com o exemplo da Equação 6, Equação 7 e Equação 8 para o posto pt4.

Equação 6

$$\text{Qtd anual processada no Pt4} = (3983 * 7) * 0,08 \text{ (percentagem de trabalho de pt3 para pt4)} = 2230 \text{ tábuas}$$

Equação 7

$$\text{Procura diária} = \frac{2230}{251} \approx 9 \text{ tábuas}$$

Equação 8

$$\text{Takt Time} = \frac{450}{9} = 50 \text{ mins} = 3000 \text{ segundos}$$

Executando o mesmo princípio para todos os postos estudados neste diagrama obtém-se a Tabela 13, com os valores finais de *takt time* estabelecidos em segundos disponíveis por cada tábua trabalhada.

Tabela 13 - Cálculos para o takt time de cada posto

| Posto | Nr. de tábuas utilizadas em 2018 | Tábuas dias | Segundos/tábua |
|----------------------|----------------------------------|-------------|----------------|
| Pt3 – Seccionadora | 30111 | 120 | 225 |
| Pt4 – Prensa | 2230 | 9 | 3000 |
| Pt5 – Topia | 4096 | 16 | 1688 |
| Pt6 – CNC | 16480 | 66 | 409 |
| Pt7 - Esquadrejadora | 11058 | 44 | 614 |
| Pt11 - Orladora | 24909 | 99 | 273 |

Os tempos de estação para os postos foram obtidos com base nos diagramas de sequência, apresentados na secção 4.2.3, quando estes eram demonstrativos das atividades gerais dos postos. Para os outros foi feita uma média aritmética dos tempos de operação das atividades mais frequentes. Em relação aos tempos de *setup*, dos postos observados, apenas no pt11 se verificou a sua existência com a troca dos rolos de orla. Finalmente, o WIP foi determinado com base em três contagens para cada posto, em dias diferentes, e na consequente média obtida.

Analisando o diagrama da Figura 44 é possível inferir conclusões sobre os tempos de produção, as quantidades de WIP, o esforço de transporte e as percentagens de valor acrescentado em cada posto.

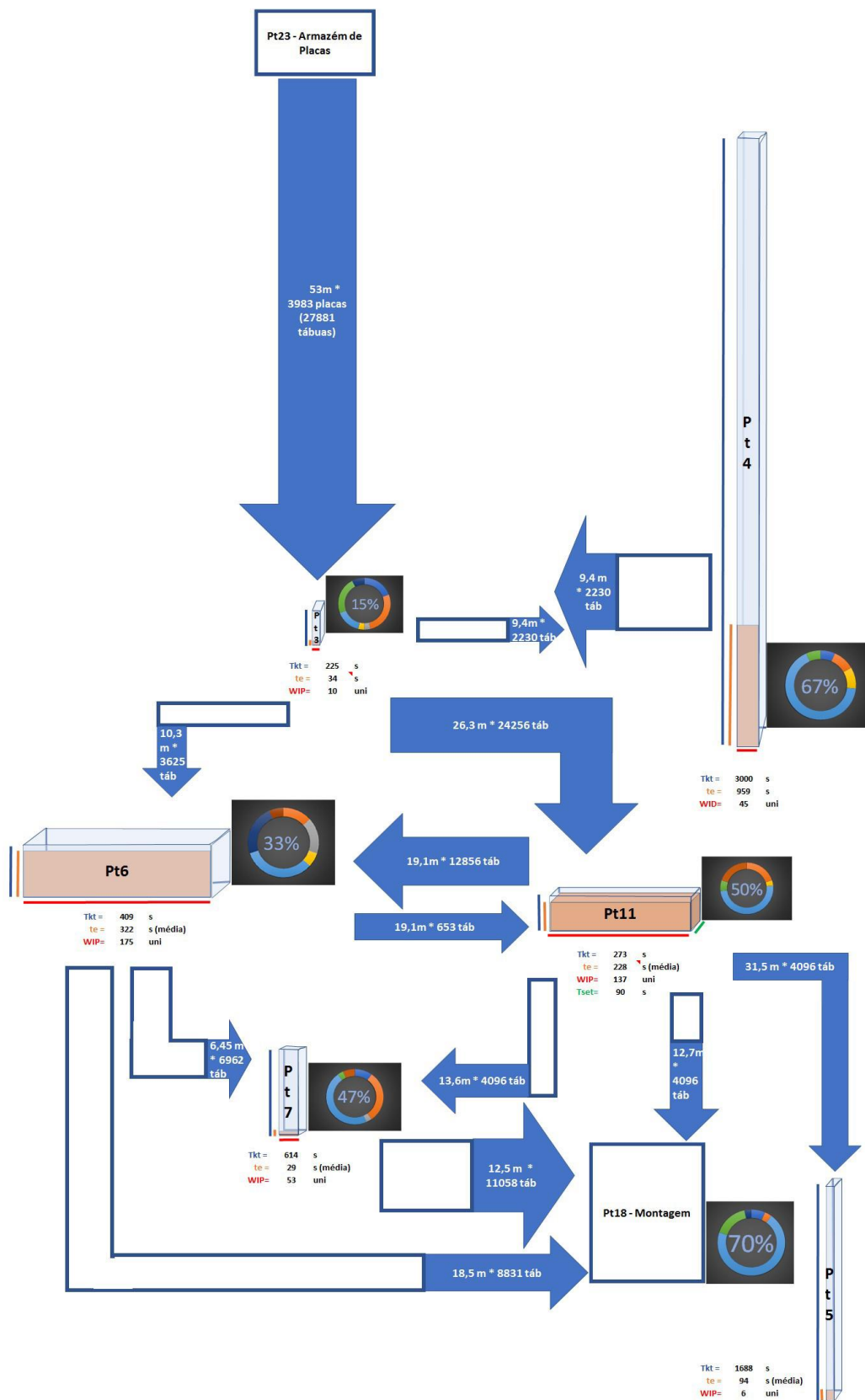


Figura 44 - WID para os postos analisados

Em relação aos tempos de estação percebe-se que, excetuando o posto pt6 (com uma margem percentual de 21% para o takt time) e pt11 (com uma margem de 16%), todos se encontram consideravelmente abaixo dos *takt* times (Tabela 14). Importa referir que esta análise deve, contudo, ser lida como uma aproximação às margens reais do sistema, uma vez que as grandes flutuações da procura ao longo do ano provocam de igual forma flutuações no nível de ocupação dos postos de trabalho. Em concordância com estes resultados, os valores de WIP são também os mais elevados nestes postos, resultado da alta exigência produtiva requisitada a estas máquinas que alimentam um grande número de interações no sistema produtivo, sendo ainda relevante que só o pt11 apresenta tempo de *setup*, referente à troca dos rolos de orla.

Tabela 14 - Percentagem de ocupação do tempo de estação em relação ao takt time

| Posto | Tempo de estação (s) | Takt time (s) | Margem disponível (%) |
|----------------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| Pt3 – Seccionadora | 34 | 225 | 85 |
| Pt4 – Prensa | 959 | 3000 | 68 |
| Pt5 – Topia | 94 | 1688 | 94 |
| Pt6 – CNC | 322 | 409 | 21 |
| Pt7 - Esquadrejadora | 29 | 614 | 95 |
| Pt11 - Orladora | 228 | 273 | 16 |

Observando os resultados da amostragem do trabalho (Apêndice VI), percebe-se que apenas no pt4 e no pt18 existe um valor acrescentado das atividades superior aos 50%, com valores extremamente baixos, abaixo dos 40%, nos postos pt6 e pt3. Embora as atividades que preenchem o resto da ocupação de cada posto variem, é notório uma grande influência comum do transporte no tempo desperdiçado. Esta constatação é reforçada pelos pesos de transporte refletidos visualmente por setas. A largura das mesmas indica a percentagem de fluxo entre os postos ligados, enquanto o comprimento da seta preenchida a azul simboliza as distâncias percorridas pelo produto intermédio. Aqui fica também evidente que o maior esforço de transporte acontece entre o armazém de placas, pt23, e a seccionadora, pt3, com um percurso de 53 metros efetuado por todas as 3983 placas utilizadas na transformação durante o ano de 2018.

Note-se ainda a falta de apreciação à situação do pt5 que acontece porque durante o período de recolha de dados o posto não teve uma utilização frequente o suficiente para que a amostra fosse aleatória e significativa.

4.3. Síntese dos problemas identificados

Nesta secção sintetizam-se na Tabela 15 todos os problemas e desafios identificados ao longo da análise crítica, apresentando as principais consequências para a empresa e os respetivos desperdícios inerentes.

Tabela 15 - Síntese dos problemas encontrados com as respetivas consequências e desperdícios associados

| Problemas | Consequências | Desperdícios |
|--|---|--|
| Layout desadequado | <ul style="list-style-type: none">- Grandes distâncias percorridas, frequentemente com unidades pesadas;- Organização desadequada para o tipo de produção que se pratica atualmente;- Falta de locais definidos para stock intermédio;- Falta geral de espaço. | <ul style="list-style-type: none">- Transportes;- Movimentações. |
| Falta de comunicação entre postos de trabalho | <ul style="list-style-type: none">- Dificuldades em saber com exatidão o estado de produção dos artigos em conceção;- Perdas de tempo em postos a jusante;- Dificuldades em fazer um planeamento eficiente. | <ul style="list-style-type: none">- Esperas;- Produção Excessiva;- Retrabalho. |
| Problemas ergonómicos com riscos para os operadores | <ul style="list-style-type: none">- Riscos para o bem-estar dos operadores;- Lesões musculares | <ul style="list-style-type: none">- Absentismo dos trabalhadores. |
| Problemas com os equipamentos | <ul style="list-style-type: none">- Atrasos na produção;- Alterações das sequências de produção planeadas. | <ul style="list-style-type: none">- Esperas |
| Falta de padronização no processo de montagem | <ul style="list-style-type: none">- Desorganização nas mesas de trabalho;- Tempo perdido a procurar ferramentas.- Postos de trabalho adaptados a trabalhadores específicos. | <ul style="list-style-type: none">- Esperas. |
| Armazenamento não padronizado | <ul style="list-style-type: none">- Dificuldade em saber com a exatidão o local dos materiais armazenados. | <ul style="list-style-type: none">- Esperas;- Inventário excessivo |

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas efetuadas para tentar resolver alguns dos problemas observados e documentados no capítulo anterior. A Tabela 16 que se segue comporta o plano de ações com base na técnica de 5W2H que sintetiza os problemas encontrados, as propostas feitas para os superar, o método de implementação, o responsável pela tarefa e o local e data de implementação.

Tabela 16 - Síntese das propostas abordadas com recurso à técnica 5W2H

| <i>What</i> | <i>Why</i> | <i>How</i> | <i>Who</i> | <i>Where</i> | <i>When</i> | <i>How much</i> |
|---|--|--|--|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| Reconfiguração de layout | Grandes distâncias percorridas e organização desadequada | Redefinição do layout usando CORELAP e CRAFT | Rui Gonçalves | Espaço fabril | Fevereiro de 2019 | - |
| Quadros Kanban e PDCA | Melhorar a partilha de informação entre postos e secções | | Rui Gonçalves | Espaço fabril e escritórios | A definir | 500 € |
| Reconfiguração do pt3 (Seccionadora) | Riscos ergonómicos inerentes à movimentação de placas | Proposta de inclusão de mecanismo de apoio à tarefa | Rui Gonçalves | Seccionadora (pt3) | A definir | 5000 € |
| Substituição da mesa de trabalho dos marceneiros | Desorganização e falta de padronização do posto | Formulação de uma proposta para a criação de uma mesa dinâmica de marceneiro | Rui Gonçalves, Óscar Sousa e equipa de marceneiros | Montagem (pt18) | Maio de 2019 | 3000 €/mesa |
| Reconfiguração do armazém de ferragens | Falta de padronização na atividade de armazenagem | Aplicação da metodologia 5S ao armazém de ferragens | Rui Gonçalves, Hélder Gomes e João Morais | Armazém de ferragens (pt23) | Maio de 2019 | - |

5.1. Propostas para reformulação do layout

Um dos desafios essenciais definidos no início do projeto na tmodular foi a análise e reestruturação do layout da produção. Como referência foi estabelecido pela direção que o novo espaço (considerando aqui o aumento planeado com base nas projeções de crescimento) tinha já as dimensões definidas. Assim, o objetivo passaria por uma nova implementação com diminuição das movimentações de pessoas e materiais e, consequentemente, redução de custos e esforços associados. Para além disto, foram também discutidas e consideradas a importância de separar equipamentos de grande produção de desperdícios da madeira dos equipamentos mais “limpos” e a necessidade de aumentar e delinear áreas de armazenamento, final e intermédio.

Para isto foram pensados e criados três layouts alternativos, os quais foram comparados com o layout atual. A primeira proposta foi desenvolvida sem nenhuma metodologia definida, baseando-se maioritariamente no *brainstorming* com a direção e equipa de produção. As duas últimas propostas seguem a abordagem SLP ou *Systematic Layout Planning*, com a realização inicial de um diagrama de relacionamento, seguindo-se um levantamento de todos os pressupostos e limitações colocadas, para sustentar a apresentação das alternativas utilizando o método CORELAP. O estudo é concluído com a comparação das alternativas propostas pelos métodos de CRAFT e da análise de fatores.

5.1.1. Diagrama de relacionamento das áreas funcionais

Com a utilização do diagrama de relacionamento (ou diagrama de Muther) procura-se entender as necessidades de proximidade entre as áreas funcionais, pensadas para os novos layouts. Para isto são necessárias duas escalas: uma escala para a importância do relacionamento (que pode ser consultada na Tabela 1 da secção 2.3.2) e outra para a razão que sustenta a escolha do valor na primeira escala. As razões de decisão consideradas neste exercício encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 - Razões consideradas para as necessidades de proximidade

| Código | Razão |
|--------|-----------------------|
| 1 | Fluxo de material |
| 2 | Supervisão partilhada |
| 3 | Partilha de pessoal |
| 4 | Facilidade de serviço |
| 5 | Barulho |
| 6 | Aspiração |

Os códigos das duas escalas mencionadas servem para preencher o diagrama de relacionamento das 15 áreas delimitadas que se equacionam nos novos layouts, tal como se pode observar na Figura 45. No diagrama apenas se encontram preenchidos os espaços correspondentes às relações relevantes na decisão da organização dos novos layouts pelo que muitas interceções se encontram sem conteúdo.

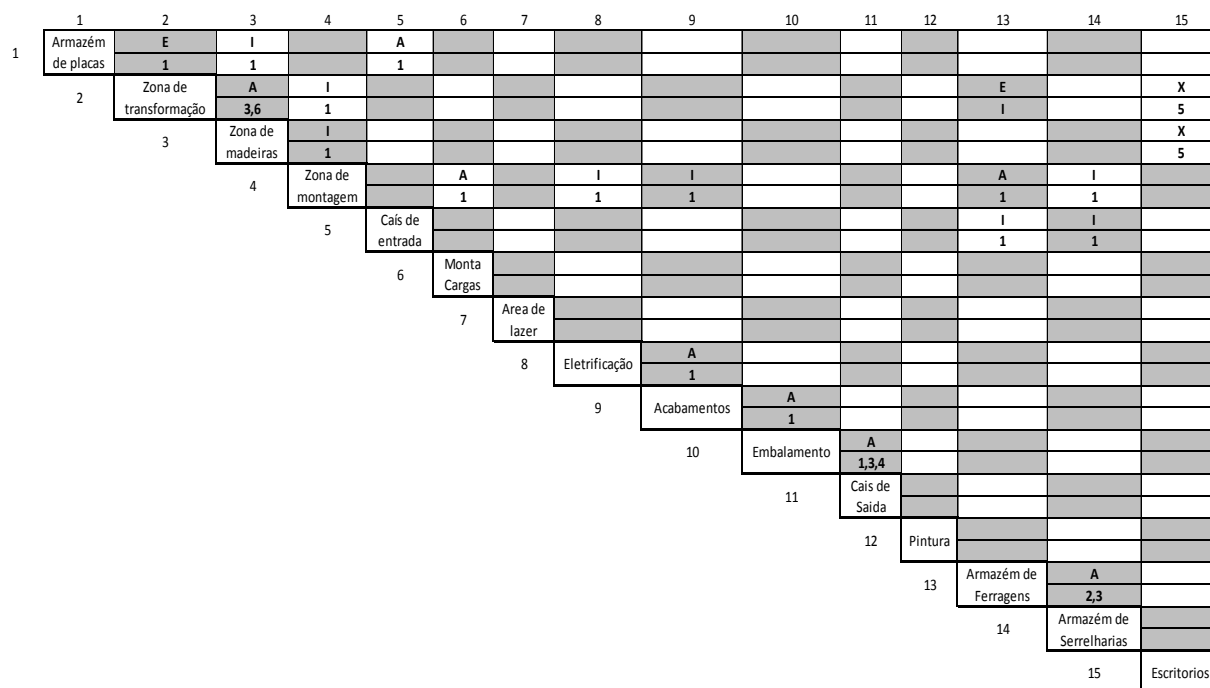


Figura 45 - Diagrama de relacionamento para as novas áreas funcionais.

5.1.2. Limitações e pressupostos pré-estabelecidos

Para a construção de propostas viáveis à reorganização do *layout* da carpintaria foi necessário ter em consideração um conjunto de pressupostos e limitações, estabelecidos pela direção da empresa, que visam orientar os objetivos do projeto. Assim, antes de se proceder à apresentação das propostas é importante referir que:

- As dimensões da fábrica não serão alvo de estudo uma vez que se encontra já definida a intenção de aumentar o tamanho do pavilhão atual (de 2000 para 4000 m²) no sentido nordeste – sudoeste, e de aproveitar para criar um andar inferior, aproveitando o declive do terreno, com a mesma área deste aumento, que tenha um cais de expedição de produto acabado, distinguindo assim o local de saída de produto do local de entrada de matéria prima;
- A maquinaria destinada ao trabalho em madeira, e consequentemente responsável por maior produção de poeira, deve ser agrupada;
- Deve ser criado um novo espaço de escritórios de dois andares, um para o gabinete de produção e compras e outro para o gabinete administrativo e obras cada com cerca de 130m²;
- A estrutura com as câmaras de pintura não deve ser alterada, mantendo-se no mesmo local em todas as propostas;
- Devem ser delineadas “estradas de circulação” que garantam facilidade na utilização e na passagem de empilhadores;

- Devem ser delineados locais próprios para a colocação de *stock* intermédio ou longo das várias operações;
- O número de *racks* para armazenamento de placas deve ser aumentado para o dobro;
- O número de mesas de montagem deve ser aumentado para pelo menos 16 e todas devem ter um amplo espaço de 15m² para montagem e armazenamento intermédio;
- A descida dos produtos produzidos para o andar inferior, onde será realizada a expedição, deve ser feita através de um monta-cargas, o qual deve também ser equacionado nas propostas de layout.

5.1.3. Propostas de layout

Como foi já referido, a primeira proposta (denominada proposta 0) de layout foi desenvolvida sem o recurso à metodologia CORELAP. Nesta proposta, representada na Figura 46, foram considerados todos os pressupostos mínimos exigidos. Foi também considerada a ideia do gabinete de produção de organizar a zona de transformação em “ilha”, ou seja, com uma máquina central, nomeadamente a seccionadora, e todas as outras à sua volta. Esta ideia baseia-se no facto da seccionadora ser a primeira parte de qualquer processo na transformação, pois efetua o primeiro corte de placas. Todas as outras máquinas da transformação encontram-se organizadas com o propósito de reduzir os percursos percorridos pelos produtos mais produzidos, tendo em conta a análise realizada na secção 4.2.1.

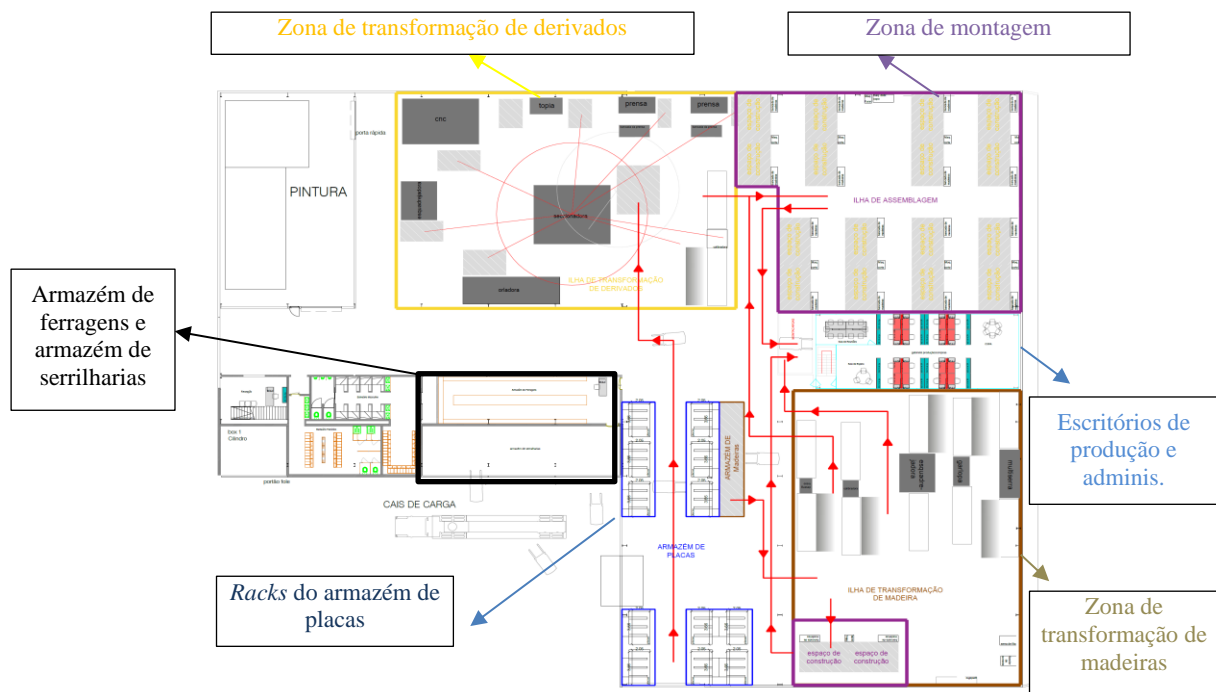


Figura 46 - Piso 0, proposta 0 para o layout da carpintaria

Assim a proposta 0 apresenta um fluxo de trabalho circular, na zona de transformação, que depois segue para a zona de montagem, no canto superior direito da fábrica a partir de onde desce, para o novo andar inferior (Figura 47), onde é efetuada a eletrificação, a limpeza e o embalamento, antes de seguir para o cais de saída.

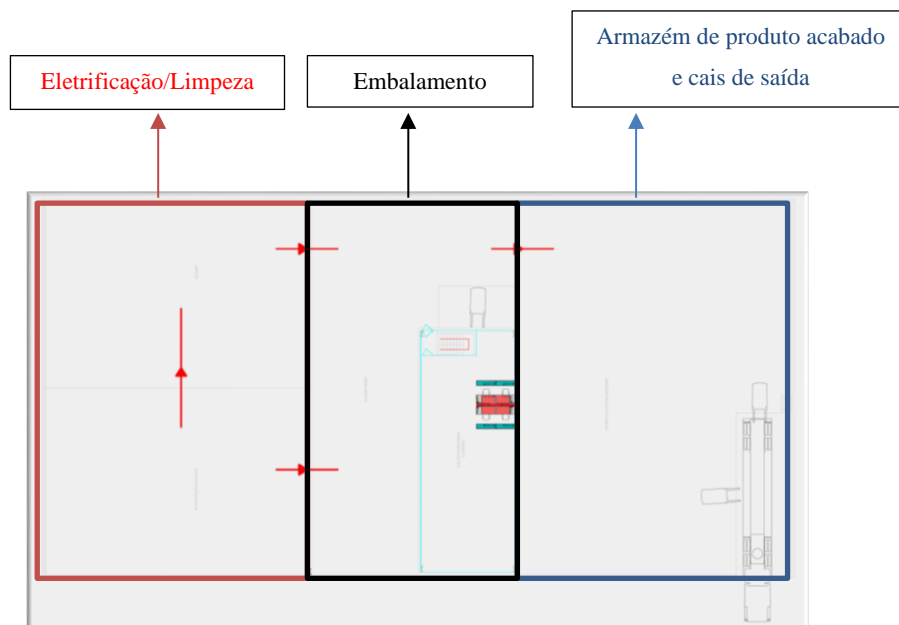


Figura 47 - Layout do piso -1 para a proposta 0

O desenvolvimento das seguintes duas propostas têm já por base o método CORELAP. Os valores obtidos de grau de relacionamento (VGR) na secção 5.1.1, para o diagrama de relacionamento, traduzem-se para os pesos associados ($A=6$, $E=5$, $I=4$, $O=3$, $U=2$ e $X=1$) de forma a que se possa calcular o TCR (ou *total closeness rating*) na Tabela 18.

Tabela 18 - Cálculo do TCR

| | Armazém de placas | Zona de transf. | Zona de madeiras | Zona de montagem | Caís de entrada | Monta Cargas | Area de lazer | Eletr. | Acab. | Embal. | Caís de Saida | Pintura | Armazém de Ferragens | Armazém de Serrelharias | Escritorios | TCR |
|-------------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|--------------|---------------|--------|-------|--------|---------------|---------|----------------------|-------------------------|-------------|-----|
| Armazém de placas | - | E | I | | A | | | | | | | | | | | 15 |
| Zona de transformação | E | - | I | E | | | | | | | | I | I | | X | 23 |
| Zona de madeiras | I | I | - | I | | | | | | | | | | | X | 13 |
| Zona de montagem | | E | I | - | | A | | I | I | | | | E | I | | 32 |
| Caís de entrada | A | | | | - | | | | | | | | I | I | | 14 |
| Monta Cargas | | | | A | | - | | | | | | | | | | 6 |
| Area de lazer | | | | | | | - | | | | | | | | | 0 |
| Eletrificação | | | | I | | | | - | I | | | | | | | 8 |
| Acabamentos | | | | I | | | | I | - | E | | | | | | 13 |
| Embalamento | | | | | | | | | E | - | A | | | | | 11 |
| Caís de Saida | | | | | | | | | | A | - | | | | | 6 |
| Pintura | | I | | | | | | | | | | - | | | | 0 |
| Armazém de Ferragens | | I | | E | I | | | | | | | | - | E | | 18 |
| Armazém de Serrelharias | | | | I | I | | | | | | | | E | - | | 13 |
| Escritorios | | X | X | | | | | | | | | | | | - | 2 |

Pela análise dos resultados obtidos para o TCR de cada secção conclui-se que o maior valor é apresentado pela zona de montagem e que, por isso, deverá ser implantado ao centro das propostas de layout. As secções que se seguem deverão ser escolhidas de forma a garantir o máximo grau de relacionamento possível para com a primeira, ou seja, neste caso garantir que o monta cargas (com um VGR = A) se encontra próximo da zona de montagem.

Todas as secções seguintes devem ser organizadas adjacente umas às outras pela mesma ordem de pensamento, procurando sempre otimizar o grau de relacionamento entre elas.

5.1.3.1. Proposta 1 para a alteração do layout

A primeira informação estruturante para a proposta 1 (Figura 48), e evidentemente desconsiderada na proposta 0, é a conveniência em manter toda a maquinaria na zona superior do chão de fábrica, de forma a evitar custos de reconstrução das tubagens de aspiração. De facto, grande parte das máquinas, tanto da transformação das madeiras como dos derivados, está ligada a um sistema de sucção dos detritos produzidos, para o qual, um afastamento excessivo da zona atual levaria à necessidade de aumentar a capacidade de sucção e consequentemente substituir o silo de aspiração.

No que respeita às áreas para efeito de *buffer* de *stock* intermédio o espaço necessário foi repensado. Foram dimensionados *buffers* de entrada e saída, quando necessários, e áreas mínimas de espaço livre para manejo das maiores peças, nomeadamente as madeiras que podem atingir os 6 metros de comprimento.

O espaço de transformação de derivados foi apenas reorganizado, uma vez mais de forma a que os equipamentos se precedam numa ordem aproximada às gamas operatórias, mas desta vez com a intenção extra de facilitar o transporte entre o armazém de placas e a seccionadora. Também por isto o armazenamento de placas foi desconstruído, de uma só zona para um conjunto de zonas estratégicas, sendo que as placas com maior rotação ficariam armazenadas muito mais próximas da zona de transformação. É de notar que com isto se reduzem vários transportes uma vez que, o armazenamento de placas é feito por conjuntos, mas o transporte entre as *racks* e a seccionadora é habitualmente feito por unidade.

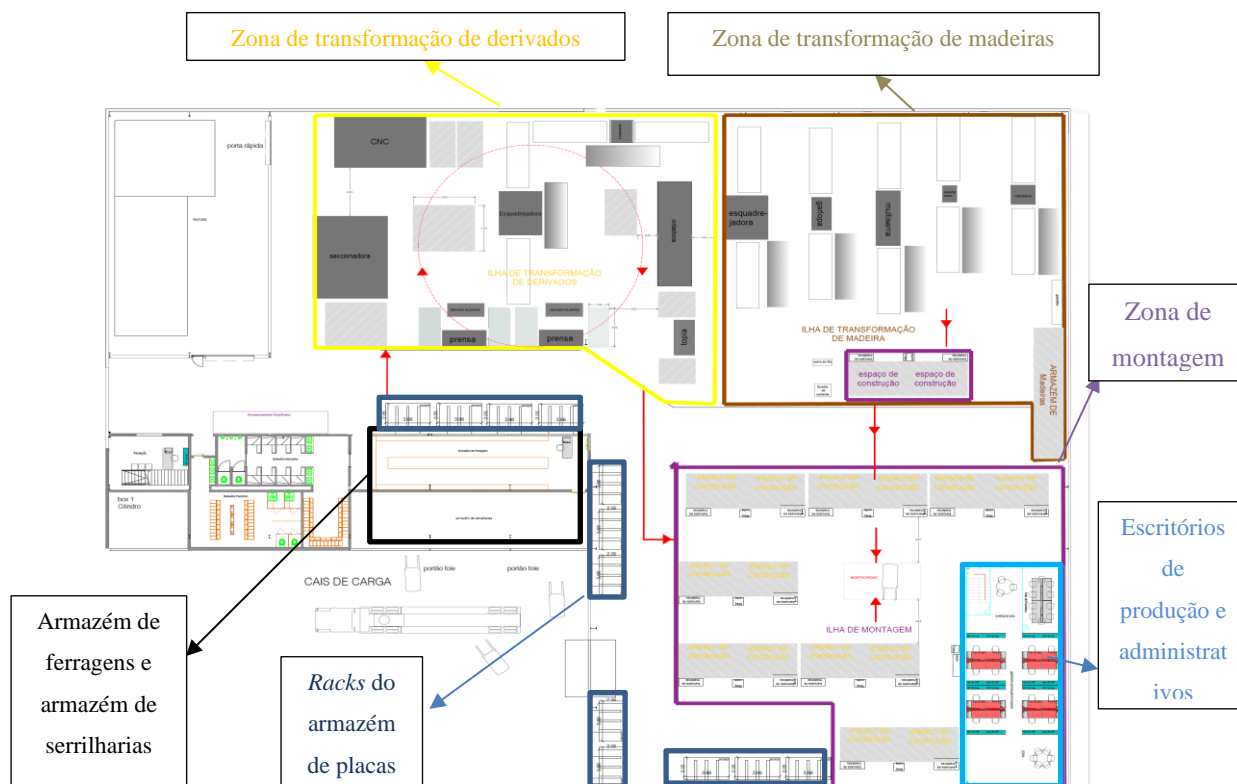


Figura 48 - Piso 0, proposta 1 para o layout da carpintaria

No piso -1 (Figura 49) deve-se referir o acréscimo de um 2º cais de descarga para receber produtos de *outsourcing*. Isto é importante uma vez que cerca de 40% dos produtos vendidos (com base no Apêndice III) provêm de *outsourcing*, apenas precisando de eletrificação antes do embalamento, secção que se encontra adjacente a este cais.

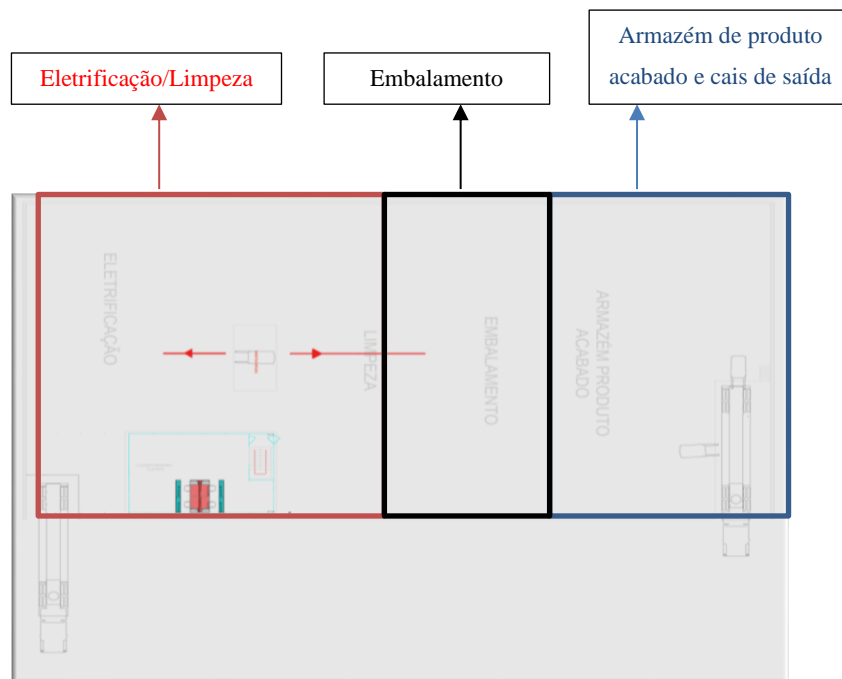


Figura 49 - Layout do piso -1 para a proposta 1

5.1.3.2. Proposta 2 para a alteração do *layout*

Nesta proposta, representada na Figura 50, ao nível da disposição de maquinaria, abandona-se o conceito de fluxo circular e procuram-se fluxos mais retos para reduzir distâncias percorridas, como se poderá comprovar na secção 5.1.4.

O armazém de placas passa a aglomerar-se maioritariamente numa área comum, contudo mantém-se a ideia de ter um armazenamento prioritário, ou seja, das placas com maior rotatividade, em *racks* próximas da seccionadora.

É considerada ainda uma nova sugestão da direção para aproximar os novos escritórios da zona de transformação, fruto da frequência com que o encarregado da produção tem de se deslocar aos mesmos. Contudo, o afastamento dos escritórios, sobretudo os administrativos, da transformação era importante para reduzir o ruído nos mesmos. Surge então a solução de separar os escritórios de produção dos escritórios administrativos, tendo para isso de se reduzir ligeiramente a copa destinada aos trabalhadores no primeiro andar. Por fim, importa mencionar ainda a novidade presente na troca de posição entre as prensas e a seccionadora que facilita a obtenção de água quente por parte das prensas pois ficam mais próximas da caldeira.

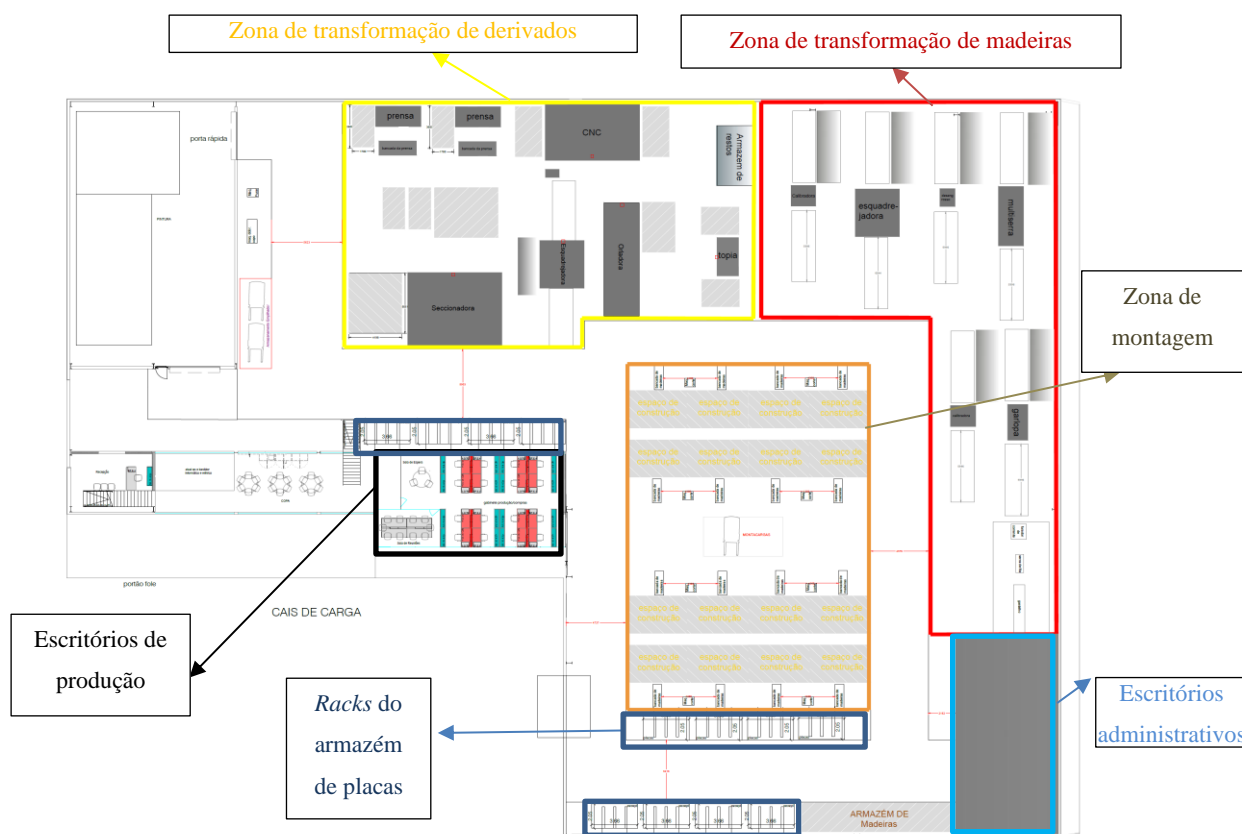


Figura 50 - Piso 0, proposta 2 para o layout da carpintaria

Nesta secção apenas se encontram as figuras dos pisos importantes para as descrições da proposta. A planificação dos três pisos em cada uma das três propostas encontra-se completa no Apêndice VIII.

5.1.4. Avaliação das propostas

Para avaliar as propostas de *layout* recorreu-se ao método de CRAFT, para comparar as variações nos percursos percorridos, e ao método de análise de fatores para pesar todas as outras características.

5.1.4.1 Análise dos custos de transporte pelo método CRAFT

Para estimar o fluxo entre os vários postos de trabalho já foi apresentada na secção 4.2.4 uma matriz com as percentagens obtidas. Para a avaliação das propostas essa mesma matriz é reutilizada utilizando-se, contudo, os valores absolutos como se vê na Tabela 19.

Tabela 19 - Dados absolutos da estimativa de fluxos entre postos

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|-----|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | - | 32 | - | - | - | - | - | - | |
| Seccionadora | - | - | 2 | 3 | 0 | 21 | 0 | 0 | |
| Prensa | - | 2 | - | - | - | - | - | - | |
| CNC | - | 0 | - | - | 12 | 6 | 0 | 15 | |
| Esquad. | - | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 21 | |
| Orladora | - | 0 | - | 10 | 3 | - | 3 | 3 | |
| Topia | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| Montagem | - | - | - | - | - | - | - | - | |

De seguida foram elaboradas as matrizes com as distâncias percorridas entre postos (medidas em linhas retas entre os pontos de início e fim do percurso, tendo em atenção os obstáculos) para as propostas 0, 1 e 2 e ainda para o layout atual. O estudo culmina com a conceção de uma matriz de calculo auxiliar CMM (custo de movimentação de materiais) por proposta para determinar o ganho final. O processo que se segue é referente à proposta 2 sendo que todas as outras propostas, e respetivas matrizes, encontram-se devidamente expostas no Apêndice IX . A matriz da proposta 2 para as distâncias percorridas está representada na Tabela 20.

Tabela 20 - Distância percorrida (metros) entre diferentes setores para a proposta 2

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 16,2 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 14 | 20,3 | 11,3 | 19,1 | | | |
| Prensa | | 14 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 8,9 | 5,6 | | 23 | |
| Esquad. | | | | | | | | 18,9 | |
| Orladora | | | | 5,6 | 7,6 | | 12,1 | 17,3 | |
| Topia | | | | | | | | | 22 |
| Montagem | | | | | | | | | |

A cada uma das interações entre postos observada, para as quais as distâncias se encontram refletidas na Tabela 20, é realizada a multiplicação pela frequência absoluta dada pela Tabela 19, obtendo-se a Tabela 21.

Tabela 21 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM para a proposta 2

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 518,4 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 28 | 60,9 | 0 | 401,1 | | | |
| Prensa | | 28 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 106,8 | 33,6 | | 345 | |
| Esquad. | | | | | | | | 396,9 | |
| Orladora | | | | 56 | 22,8 | | 36,3 | 51,9 | |
| Topia | | | | | | | | | 66 |
| Montagem | | | | | | | | | |

Sabendo que a tarifa da empresa para um marceneiro de produção é de 9,29 euros/hora e que um trabalhador percorre em média um metro por segundo, o custo por metro é de 0,00258€.

Como o colaborador executa sempre o caminho duas vezes (ida e volta), este valor deve ser multiplicado por dois. Assim, o resultado para o CMM encontra-se no cálculo seguinte:

$$CMM = (518,4 + 28 + 60 + 401,1 + 28 + 106,8 + 33,6 + 345 + 396,9 + 56 + 22,8 + 36,3 + 51,9 + 66) * 0,00258 * 2 = 11,098€$$

Este custo está associado à estimativa de transportes para duas semanas, em função da amostra da Tabela 19 o que implica um custo de apenas 1,11€ por dia de trabalho. Embora os valores de custo obtidos sejam muito baixos, estes são apenas representativos de uma análise por base em movimentação de lotes completos em viagens únicas. Na realidade frequentemente estes lotes não são transportados em conjunto, mas em partes, com deslocamentos múltiplos do trabalhador entre os postos de trabalho. Assim, uma visão mais elucidativa dos resultados obtidos em cada proposta (Apêndice IX) pode ser conseguida com a análise percentual das reduções de distância percorridas em relação às distâncias do layout atual, como se observa na Tabela 22.

Tabela 22 - Resultados obtidos para cada proposta de layout e comparação com o estado atual

| | Atual | Proposta 0 | Proposta 1 | Proposta 2 |
|-------------------------------|-------|------------|------------|------------|
| Resultado em metros | 3483 | 3601 | 3771 | 2152 |
| Resultado em euros/dia | 1,80 | 1,86 | 1,95 | 1,11 |
| Ganhos percentuais | - | 3% | 8% | -38% |

Em conclusão, a proposta 2 apresenta o maior ganho percentual, com uma redução das distâncias totais em 38% face ao presente *layout*, o que evidência uma clara simplificação dos fluxos de transporte, que se destaca mais ainda quando se considera que o novo espaço assumido nas propostas é muito superior ao espaço atual, definindo esta proposta como a mais favorável.

5.1.4.2 Análise dos custos de transporte pelo método da análise de fatores

Na análise realizada na secção anterior com o método de CRAFT observou-se que duas das três propostas efetuadas apresentavam um aumento das distâncias percorridas em relação ao layout atual, destacando ainda mais o ganho de 38% na proposta 2. Contudo, as distâncias percorridas não são o único fator de decisão possível para o estudo de comparação do layout. De facto, para enriquecer a comparação e facilitar o processo de escolha, utilizou-se ainda o método de análise de fatores (Hitomi, 1979) que é composto pelos seguintes passos:

- Listar todos os critérios utilizados para avaliar as alternativas;
- Atribuir um peso de importância a cada critério;

- Proceder à avaliação de todas as propostas sugeridas em cada critério;
- O valor final de cada proposta será a ponderação dos pesos atribuídos pelas notas dadas a cada fator.

Assim, a proposta com o maior valor final será a proposta a selecionar. Para isto, foi elaborada uma tabela com todos os fatores/critérios de interesse para a empresa e os pesos que a mesma lhes atribui, para que se pudessem comparar as três propostas descritas na secção 5.1.3.

Tabela 23 - Avaliação ponderada das propostas de layout

| Fatores considerados | Peso (1 a 5) | Avaliações (1 a 5) | | | |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | | Layout atual | Proposta 0 | Proposta 1 | Proposta 2 |
| Áreas de stock intermédio | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Vias de circulação | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Área dos trabalhadores | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| Abastecimento | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| Versatilidade | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| Adequação ao sistema de aspiração | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| Total | | 68 | 82 | 107 | 107 |

Pela Tabela 23 se deduz que as propostas 1 e 2 têm o mesmo potencial positivo para a empresa neste sistema de avaliação, reforçando a posição da proposta 2 como a proposta mais vantajosa tendo em conta a avaliação conjunta deste método e do método de CRAFT.

5.2. Proposta de quadro Kanban

O processo produtivo da maioria dos produtos na carpintaria é longo, com vários armazenamentos intermédios e consequentes esperas. É por isto que inúmeras vezes a informação, em tempo real, do ponto de situação de cada artigo em produção, encontra-se frequentemente diluída pelos vários postos de trabalho causando, ocasionalmente, entraves na comunicação entre diretor de obra/escritórios de produção e encarregado/funcionários.

A proposta de um quadro *kanban* procura precisamente padronizar esta informação, tornando-a visível, eficiente e de fácil leitura/acesso para todas as partes interessadas. A estrutura simplificada do quadro *kanban* é genericamente constituída por três colunas (*to do*, *in progress*, *done*) sendo que, contudo, dependendo da estrutura geral da empresa, do tamanho das equipas e do objetivo das tarefas, este pode, e deve ser adaptado às consequentes necessidades. Desta forma foi desenvolvido o quadro apresentado na Figura 51.













































































| Lista pendente (Planeamento de produção) | Prioridades (Planeamento de produção) | Em progresso (Encarregado) | Bloqueado (Encarregado) | | Embalagem (Embaladores) | Lista de saída (Embaladores) | |
|---|---|---|---|---|--|---|---|
| | | | O quê | Porquê | | Enviado | Para stock |
|           |             |       |    | Rutura de stock Atraso do fornecedor Problema na Orladora |                |       |      |
|      |       | | | | | | |
|      |    | | | | | | |

Figura 51 - Quadro *Kanban* para a produção

O quadro proposto pode ser explicado pelas mesmas três colunas genéricas deste método. As primeiras duas colunas à esquerda representam a secção “*to do*” e comportam a informação da tipologia e da quantidade de produtos que estão autorizados a entrar em produção e ainda do prazo limite que a fábrica tem para os concluir e embalar. Toda esta informação é inserida no quadro através de cartões, ou *kanbans*, como o da Figura 52. A sua criação, colocação e gestão nas primeiras duas colunas deve ser da inteira responsabilidade dos escritórios do planeamento de produção, tal como se encontra indicado no topo da coluna.

Data de entrada: 17/04

Encomenda: 23 – SFR

Quantidade: 8




Prazo: 01/05

Data de embalagem: _____

Figura 52 - Exemplificação de um cartão modelo

Entre a primeira e a segunda coluna a gestão deve ser no sentido de organizar o que está em espera para ser produzido em categorias de urgência. Os motivos podem ser variados, tais como a inclusão de uma necessidade imprevista para uma encomenda (por pedido do cliente, erro na contagem do stock ou até substituição de um produto defeituoso) para a qual o prazo é já consideravelmente curto, ficando desta forma realçada esta informação e exigindo especial atenção. As cores vermelho, amarelo e verde, traduzem-se pela mesma ordem em urgente, normal e não urgente.

As duas colunas seguintes (“em progresso” e “bloqueado”) representam o tradicional “*in progress*”. A primeira permite perceber o estado de ocupação da produção, delimitando a quantidade de WIP no chão de fábrica, garantindo que o departamento de planeamento de produção nunca perde a noção dos produtos que se encontram atualmente em desenvolvimento. Já a segunda permite também aos responsáveis do planeamento estar informados, em tempo real, dos problemas funcionais da produção que estão a impedir o avanço de um produto, alertando para as necessidades de intervenção seja por motivos de manutenção, falta de material ou outros. A informação deste quadro deve ser regularmente consultada e registada para efeitos de análise futura. Ambas são geridas pelo encarregado, responsável por toda a supervisão da fábrica.

Finalmente, as duas últimas colunas devem ser geridas pela equipa responsável pela embalagem que, após o processo de embalar os produtos, deve-se certificar que é registado o seu envio para o cliente ou a sua passagem para stock de produto acabado, para que os *kanbans* possam ser removidos do quadro, terminando o seu ciclo.

5.3. Proposta de quadro PDCA

Para uma redução consistente dos desperdícios associados à conceção de qualquer produto é essencial manter uma abordagem de melhoria contínua. Assim, com o objetivo de capturar com celeridade a informação oferecida pelos trabalhadores, especialistas no seu posto de trabalho, para simplificar os processos produtivos de produtos novos, foi proposta a criação de um segundo quadro de apoio à produção, apresentado na Figura 53, baseado na metodologia PDCA.




| Momento | Fluxo | Etapa | Objetivo | Produto |
|---------|-------|---------------------------|--|---|
| P | 1 | Identificação do problema | Selecionar o produto ou a oportunidade de melhoria no produto |  |
| | 2 | Observação | Discutir o desenho técnico do produto | |
| | 3 | Análise | Confirmar as causas de problemas e propôr alterações | |
| | 4 | Plano de Ação | Propor método de concepção | |
| D | 5 | Ação | Produzir modelo de teste |  |
| C | 6 | Verificação | Verificar sucesso do modelo de teste | |
| | ? | Bloqueia ou efetiva? | Deliberar | |
| A | 7 | Padronização | Garantir a que o método vai ser mantido |  |
| | 8 | Conclusão | Recapitular o processo de solução do problema para trabalho futuro | |

Figura 53 - Quadro PDCA para novos produtos

De forma muito simplificada este quadro visa a passagem de todos os novos produtos pelas fases descritas na metodologia PDCA, de forma a chegar a um plano de concepção de um artigo que seja o mais eficiente possível, de acordo com os objetivos da equipa de planeamento, sem descorar o conhecimento e a experiência acumulada dos trabalhadores que lidam diariamente com as dificuldades do processo.

Esta solução surge também pela sugestão dos marceneiros e teve por base um exemplo direto de um produto que se começou a produzir pouco antes da realização desta proposta (Figura 54).



Figura 54 - Mesa "*Optimum Experience Table*"

Do produto apresentado na Figura 54 foram produzidas apenas três unidades. Embora ainda pouco significativo este produto pode demorar até cerca de três dias de trabalho, só na estação de montagem, se apenas um marceneiro for alocado ao trabalho, o equivalente a três turnos de oito horas para um marceneiro de montagem com uma tarifa para a empresa de 9,99 euros/hora.

Tal como na conceção da maior parte dos moveis desta carpintaria este produto, antes de chegar às mesas de montagem, passa por máquinas tais como a seccionadora, a CNC ou a orladora. Particularmente na passagem pela CNC um dos trabalhos é o corte de 4 tampos colocados na parte de baixo da mesa tal como se pode observar na Figura 55.



Figura 55 - Tampo da parte inferior da mesa "*Optimum Experience Table*"

Na Figura 56 (a) vê-se a vermelho o perfil cortado na CNC. Este corte carece de dois aspetos que obrigam a ajustes na mesa de montagem, o primeiro referente às entradas para as pernas da mesa e o segundo relativo à dimensão das bordas, que não é perfeito para o encaixe com o resto da estrutura. Para ambos os ajustes, destacados a verde na Figura 56 (b), estima-se que se demore cerca de uma hora, por tampo, a corrigir na zona de montagem, ou seja, quatro horas por mesa.

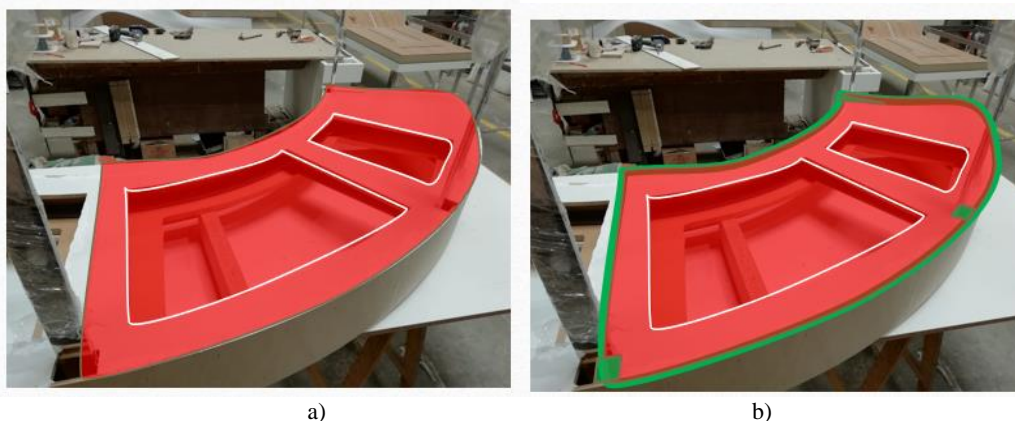


Figura 56 - Corte do tampo efetuado pela CNC: (a) e ajustes efetuados na mesa de montagem (b)

Ambos estes ajustes são facilmente realizados na CNC em apenas alguns minutos por tampo bastando para isso uma alteração no desenho da peça presente na máquina. O valor perdido nas três mesas construídas pode ser calculado tendo em conta as quatro horas gastas, em ajustes por mesa, e a tarifa de 9,99 euros /hora do marceneiro para o custo de mão de obra, obtendo-se o seguinte cálculo:

$$\text{Valor perdido por mesa} = 3 * 4 * 9,99 \approx 120 \text{ €} = 40 \text{ €/mesa}$$

Este é um exemplo, pela análise de apenas um produto, onde a falta de fluxo de informação entre os postos de trabalho poderia ter sido corrigida com a metodologia PDCA, aquando da decisão do método de produção do produto.

5.4. Introdução de mecanismo de suporte ao trabalho realizado no pt3

Para o problema apresentado na secção 4.2.3.2, referente aos riscos ergonómicos presentes na atividade do posto de trabalho 3, sobretudo no arrastamento de placas para cima da mesa da seccionadora, a proposta apresentada corresponde a uma mesa elevadora (Figura 57) com uma capacidade de carga de 2000kg ou superior, que permita ao trabalhador proceder ao arrastamento das placas apenas executando um movimento no sentido horizontal, sendo que a altura da placa a arrastar deve estar sempre à altura da mesa da seccionadora.



Figura 57 - Modelo exemplo de uma mesa elevadora

Assim, o movimento do operador para transportar a placa passaria a ser aproximado ao movimento único de arrastamento visível na Figura 58.

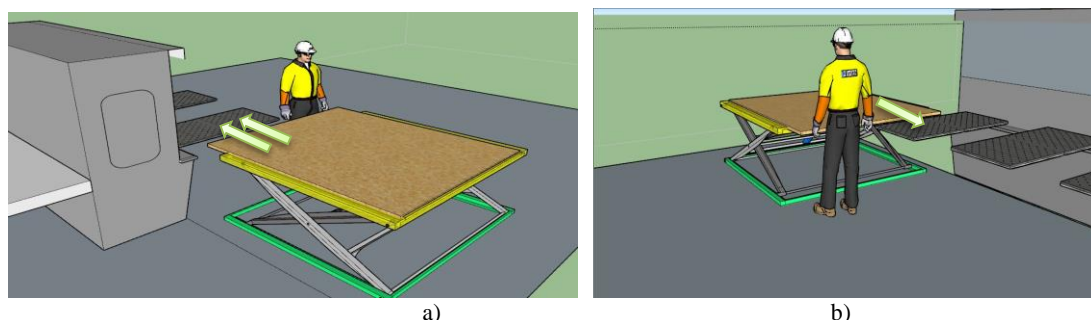


Figura 58 - Modelo 3D da atividade de arrasto para a proposta da mesa elevadora – vista frontal (a) e traseira (b)

Para avaliar o impacto ergonómico do novo movimento recorreu-se à análise de REBA como se pode observar na Tabela 24.

Tabela 24 - Análise REBA à nova posição durante o arrastamento

| Grupo | Parâmetro | Descrição | Extra | Pontuação |
|-------|-----------------|-------------------------------|-------|-----------|
| A | A1 - Tronco | Ereto | - | 1 |
| | A2 - Pescoço | 0 a 20° de flexão | - | 1 |
| | A3 - Pernas | Peso bilateral | - | 1 |
| - | Carga | Mais do que 10 Kg | - | 2 |
| B | B1 - Braços | Até 20° de extensão | - | 1 |
| | B2 - Antebraços | Menos de 60° de flexão | - | 2 |
| | B3 - Pulsos | Mais do que 15° de extensão | - | 2 |
| - | Ligação | Pega aceitável, mas não ideal | - | 1 |

Na Tabela 25 apresentam-se os resultados da análise aos parâmetros de REBA efetuada na Tabela 24.

Tabela 25 - Resultados da análise REBA

| Resultados | Pontuação | | | |
|------------------------------|-----------|------------------------|---------------|----------------|
| Grupo A + Peso (Quadro A) | 3 | | | |
| Grupo B + Ligação (Quadro B) | 3 | Pontuação da atividade | Nível de ação | Nível de risco |
| Quadro C (resultado final) | 3 | 0 | 1 (de 4) | Baixo |

Com o resultado obtido, de um nível de risco baixo, é possível afirmar que esta medida reduz os problemas ergonómicos associados aos dois movimentos que eram anteriormente necessários para esta tarefa. Importa ainda referir que o preço de investimento numa mesa

elevatória adequada a todas as necessidades de capacidade, tamanho de superfície do tampo e altura ronda os 5000 euros.

5.5. Proposta para uma mesa dinâmica de marceneiro

Para além da desorganização e da falta de padronização observada nos postos de montagem, o desafio lançado pela direção da tmodular para repensar a bancada de trabalho levou à elaboração de uma proposta para uma nova mesa de marceneiro.

O objetivo traçado nesta proposta é o de desenhar e dimensionar uma mesa dinâmica, normalizada e adaptável, que permita uniformizar o posto da montagem para qualquer situação, independentemente do utilizador do posto ou do trabalho a ser realizado, e facilitar a conservação das ferramentas diretamente associadas ao trabalho aqui executado.

5.5.1. Características necessárias a uma mesa funcional e dinâmica

O primeiro passo para a idealização da mesa foi o de se definir as características necessárias. Para esta tarefa foi importante pesquisar as soluções já existentes no mercado mas, sobretudo, foi essencial perceber qual era a perspetiva dos trabalhadores que, diariamente, lidam com as limitações do posto de trabalho atual.

A discussão com os trabalhadores foi efetuada em duas partes. Inicialmente por entrevistas individuais, semi-estruturadas, onde vários marceneiros foram inquiridos sobre as características essenciais de uma mesa funcional e, posteriormente, foi realizado um *focus-group* com a junção, em reunião, de vários destes trabalhadores para confirmar todos os detalhes. Estas interações permitiram compartimentar três categorias de propriedades relevantes para a nova mesa, como se pode ver na Figura 59.

| Características assumidas | Características faladas | Características “excitantes” |
|-------------------------------|---|--|
| Geometria do tampo retangular | Divisórias para armazenar ferramentas manuais | Altura do tampo ajustável às necessidades ergonómicas do trabalhador |
| Mesa Robusta | Divisórias protegidas do pó | Rodas retráteis para proporcionar mobilidade |
| Prática | Superfície de tampo substituível | Espuma moldável para organizar as ferramentas nas divisórias (5S) |
| Estável | | |
| Resistente | | |

Figura 59 - Características procuradas na nova mesa de marceneiro

As “características assumidas” representam aspetos de unanimidade total entre todos os trabalhadores. Já as “características faladas” foram expressamente pedidas por alguns dos

membros na reunião sem que houvesse contestação do resto do grupo. Finalmente as “características excitantes” foram propostas aos marceneiros com o intuito de tornar a nova mesa a mais dinâmica e personalizável possível ao trabalho, e ao trabalhador, tendo sido aceites pela maioria dos participantes.

Para além disto, ficou definido pela direção que a nova mesa deveria conter um *kit* completo de todas as ferramentas necessárias ao trabalho de marceneiro, evitando a necessidade de partilha e o risco de perda de equipamento da empresa, facilitando a gestão e organização das mesmas.

Para determinar este kit foi efetuado um inquérito para todos os marceneiros de forma a perceber as ferramentas mais utilizadas e qual a frequência de utilização, para assim inferir as tipologias e quantidades necessárias. O resultado final encontra-se descrito na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultados do inquérito realizado para a determinação do kit ideal de ferramentas na montagem

| Qtd. | Ferramentas |
|------|-----------------------------|
| 1 | Fita métrica |
| 1 | Lápis |
| 1 | Turquês |
| 1 | Esquadro |
| kit | Kit de formões |
| 1 | Serrote de costas |
| 1 | Martelo |
| 1 | Pistola de cola |
| 1 | Lima triangular |
| kit | Kit chaves de fendas |
| 1 | Máquina de aparafusar |
| 1 | Tupia pequena |
| 1 | Lixadeira |
| 1 | Pistola de pregos |
| 1 | Rebarbadora |
| 1 | Berbequim |
| kit | Kit de Brocas |
| 1 | Protetor de mesa (neopreno) |

O resultado final da proposta pode ser mais facilmente descrito em duas categorias: características funcionais e materiais constituintes.

5.5.2. Proposta final para a nova mesa – Características Funcionais

Na Figura 60 pode-se observar o modelo 3D da proposta apresentada. Trata-se de uma mesa dinâmica, adaptável a qualquer necessidade e qualquer operador, com toda a capacidade de armazenamento e organização necessários para acomodar as ferramentas de trabalho deste posto.



Figura 60 - Modelo 3D da proposta para a mesa dinâmica de marceneiro

A Figura 61 que se segue apresenta todos os componentes explodidos para facilitar a descrição das suas características.

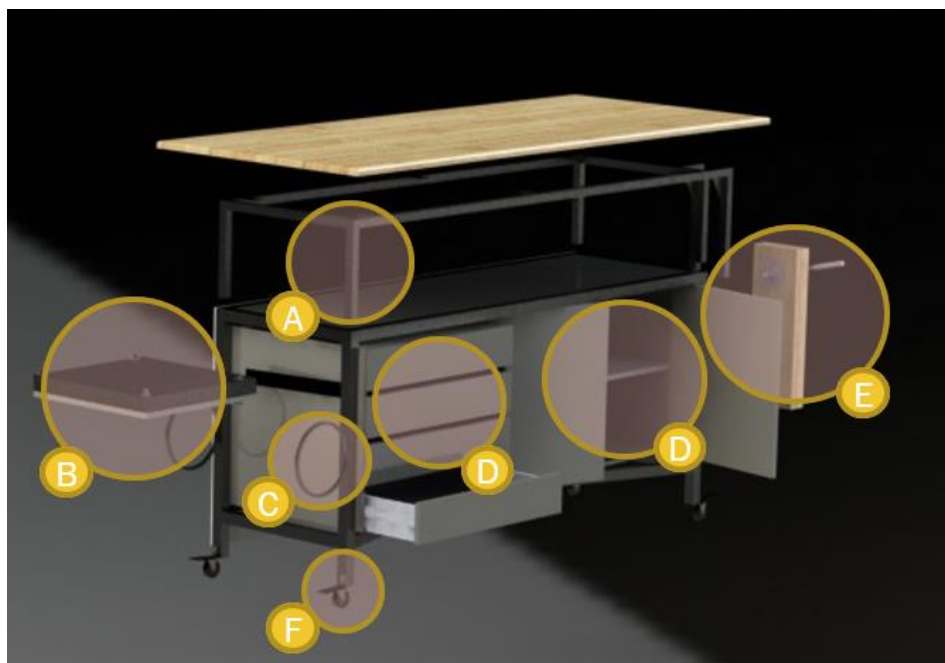


Figura 61 - Proposta da nova mesa de marceneiro dinâmica explodida

Desta forma, ao nível das características funcionais destacam-se:

- A. Uma estrutura interna onde assenta o tampo que permite a regulação da altura por cavilha. Tendo por base os estudos antropométricos sabe-se que o trabalho manual desta exigência deve ser realizado entre **10 a 30 cm** abaixo da altura do cotovelo do trabalhador. Para garantir a qualidade ergonómica do trabalho foram então usados como modelo os **marceneiros** com maior e menor altura do cotovelo. A regulação fica definida assim para variar entre **900 e 1140 mm**;

- B. Uma bandeja lateral, retrátil, que serve de apoio ao trabalho ao permitir pousar as ferramentas usadas no momento. Assim evita-se que as ferramentas estejam espalhadas pela mesa durante a montagem de um móvel.
- C. Dois aros laterais que servem para armazenar uma cobertura de neopreno, com as mesmas dimensões do tampo da mesa, que servirá para proteger o material do tampo em tarefas mais pesadas;
- D. A arrumação, dividida em 4 gavetas e 1 armário de portas. As gavetas servem para organizar as ferramentas manuais e ainda algumas ferragens. O armário de portas será usado para armazenar as máquinas pequenas. A arrumação de todas as ferramentas no local próprio no fim de um dia de trabalho será uma exigência da empresa dentro do âmbito da aplicação da metodologia 5S;
- E. O torno manual é o único elemento que será colocado em apenas duas das mesas produzidas uma vez que a sua utilização se limita ao trabalho em madeira. O peso das madeiras na produção da tmodular é cada vez menor quando comparado com os derivados, pelo que a sua aplicação é principalmente uma medida de precaução;
- F. Rodas retráteis que permitem à mesa mobilidade, no caso de ser necessário mudar a posição da mesma ou, inclusive, de se alterar a metodologia de produção para linhas de montagem ou células;

5.5.3. Proposta final para a nova mesa – Materiais constituintes

Fundamentadas as características funcionais da nova proposta é necessário explicar os materiais constituintes da mesma. Para auxiliar na enumeração dos mesmos a Figura 62 realça os aspetos mais importantes.

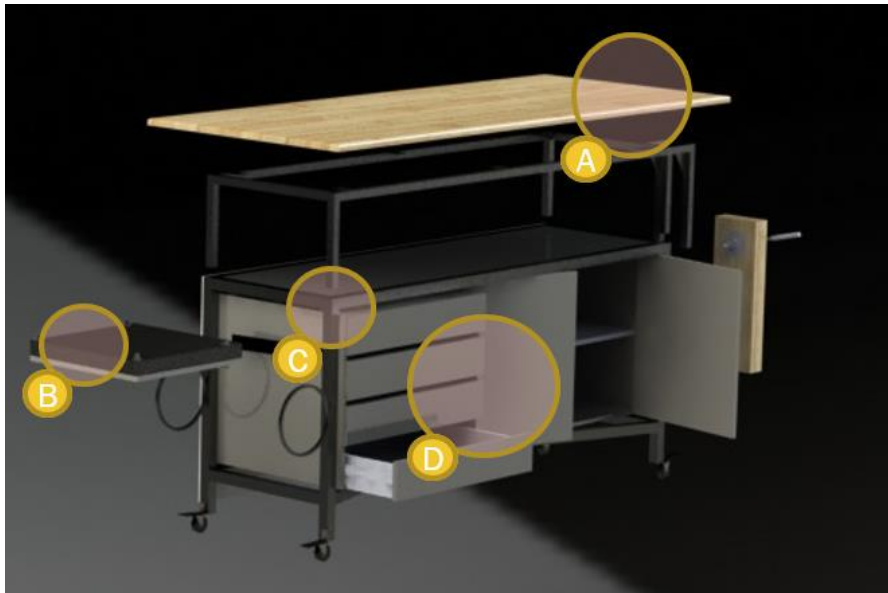


Figura 62 - Proposta da nova mesa de marceneiro dinâmica explodida, 2ª parte

Os materiais que compõe a nova mesa são então:

- A. O tampo de trabalho será de 2200x900mm, e feito de um painel constituído por três camadas de abeto, denominado “tricapa”, por ser dotado de elevada performance ao nível da resistência, da flexão e da estabilidade dimensional;
- B. Na estrutura lateral, assim como dentro de cada gaveta, será colocada uma espuma moldável própria para a organização de ferramentas;
- C. A estrutura da mesa será construída em tubo de ferro, garantindo resistência e robustez;
- D. O resto da mesa será composto por placas de melanina.

Por fim importa salientar que este modelo foi já orçamentado para cerca de 3000 € por mesa.

5.6. Aplicação de 5S no armazém de ferragens

Durante a fase de análise do estado atual da carpintaria foi denotada uma certa desorganização no armazém de ferragens. Este local representa o centro de matéria prima, não relacionada com as placas, para todos os postos de trabalho da produção sendo por isso uma área vascular a todo o processo. Para além disto é também uma das áreas de maior contacto com os escritórios de produção uma vez que fornece os dados relativos às baixas de stock e às necessidades de compra.

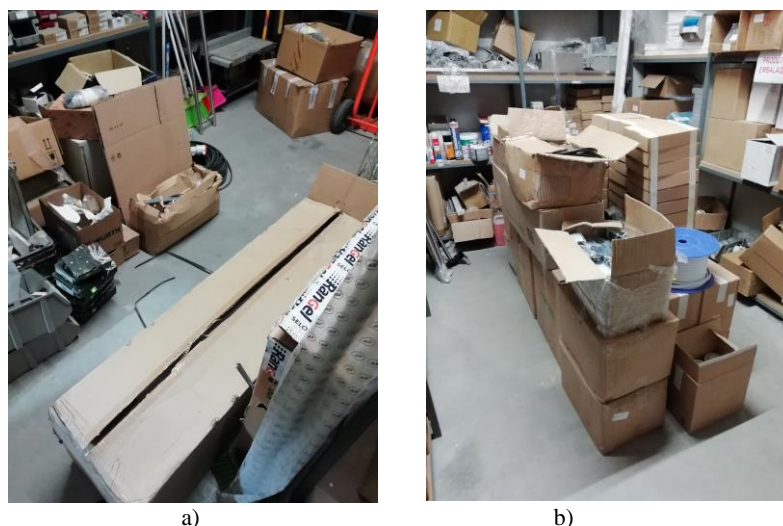


Figura 63 - Exemplos da desorganização do armazém de ferragens

Por toda a importância referida e pela clara existência de alguma desorganização evidente no local, como se pode observar na Figura 63 (a e b), foi proposto e executado um plano de aplicação de 5S, com a ajuda do fiel de armazém e do responsável pela área comercial.

Para a execução desta tarefa foi feita uma primeira análise do estado atual com uma auditoria 5S, para que os resultados pudessem ser comparados no final do projeto, à qual se seguiu a aplicação direta dos cinco passos da metodologia.

5.6.1. Auditoria 5S do armazém de ferragens

Na primeira fase da aplicação da metodologia 5S ao armazém foi necessário perceber o estado real e os motivos causadores da desorganização atual. Para isto realizou-se uma auditoria, assumindo que os 5S estavam aplicados, e pontuando de 0 a 10 o nível de implementação de cada um. Para esta avaliação recorreu-se tanto à observação direta como a entrevistas não estruturadas com o fiel de armazém.

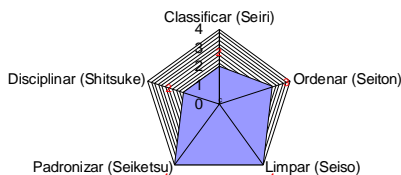
O formulário de avaliação, constituído por 10 questões para cada S, e os resultados obtidos, foram registados numa folha de excel para que intervenções como esta, e futuras revisões do estado da aplicação da metodologia, possam ser comparadas (Apêndice X – Auditoria 5s proposta para o armazém de ferragens). A Figura 64 que se segue apresenta estes resultados.

5S Formulario de auditoria

Data da auditoria: 04-abr.-19

Auditor: Rui Gonçalves

Zona auditada: Armazem de ferragens tmodular



| Id | 5S | Definição | Pontos |
|----|-------------------------------|--|-----------|
| S1 | <u>Classificar (Seiri)</u> | "Separar o necessário do não necessário" | 2 |
| S2 | <u>Ordenar (Seiton)</u> | "Um sitio para cada coisa e cada coisa no seu sitio" | 3 |
| S3 | <u>Limpar (Seiso)</u> | "Limpar o posto de trabalho e prevenir a sujidade e a desordem" | 4 |
| S4 | <u>Padronizar (Seiketsu)</u> | "Formulação de normas para consolidar a execução dos 3 primeiros S " | 4 |
| S5 | <u>Disciplinar (Shitsuke)</u> | "Respeitar as normas estabelecidas" | 2 |
| | Planos de ação | Pontuação 5S | 15 |

Conclusão:

Auditoria chumbada

| Auditorias Previas | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Objetivo |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |

4/04/19
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX

Figura 64 - Síntese dos resultados da auditoria 5S ao estado atual

Como se pode observar todas as categorias aparecem com resultados negativos, sendo que apenas duas delas se aproximam do valor intermédio da escala. Assim, facilmente se conclui que o estado atual do armazém carece de uma intervenção profunda no que respeita à metodologia 5S.

5.6.2. Aplicação do 1ºS – Separação

Na fase de separação (Figura 65) procedeu-se à triagem de todo o material de armazém em material necessário e desnecessário, sendo que este último se divide ainda em material para o lixo ou para retorno/aproveitamento de sucata.

Este processo foi longo e contou com a participação ativa do fiel de armazém nas movimentações e verificações de material, mas também do responsável comercial na separação entre o que era lixo e o que era reaproveitável.



Figura 65 - Foto do fiel na fase de separação dos materiais

5.6.3. Aplicação do 2ºS – Organização

No momento da aplicação do 2ºS, o material triado e considerado como necessário foi realocado nas prateleiras por categorias aproximadas. Em alguns casos foi possível ser específico, pela quantidade/variedade de material existente sobre a mesma categoria, como é o caso dos pregos ou das dobradiças, noutros foi necessário alocar em zonas mais gerais, como é o exemplo das serralharias e dos componentes elétricos.

Um dos problemas existentes no armazém relacionava-se com o facto de apenas o fiel saber com alguma exatidão o local de armazenamento de certos materiais. Assim, para evitar longas procuras no armazém na falta do fiel, foi desenvolvido um mapa em excel com a localização exata de todos os produtos armazenados em cada prateleira, documento este de fácil acesso para o responsável comercial, habitualmente responsável por garantir o bom funcionamento do armazém na falta do fiel.

O mapa que se pode observar na Figura 66 possui uma lista de materiais alocada a cada prateleira, que por sua vez possui uma coordenada definida. Assim, para encontrar algum objeto basta inserir o nome do mesmo no campo de pesquisa o que levará à ativação das prateleiras procuradas, que mudam a cor para verde.

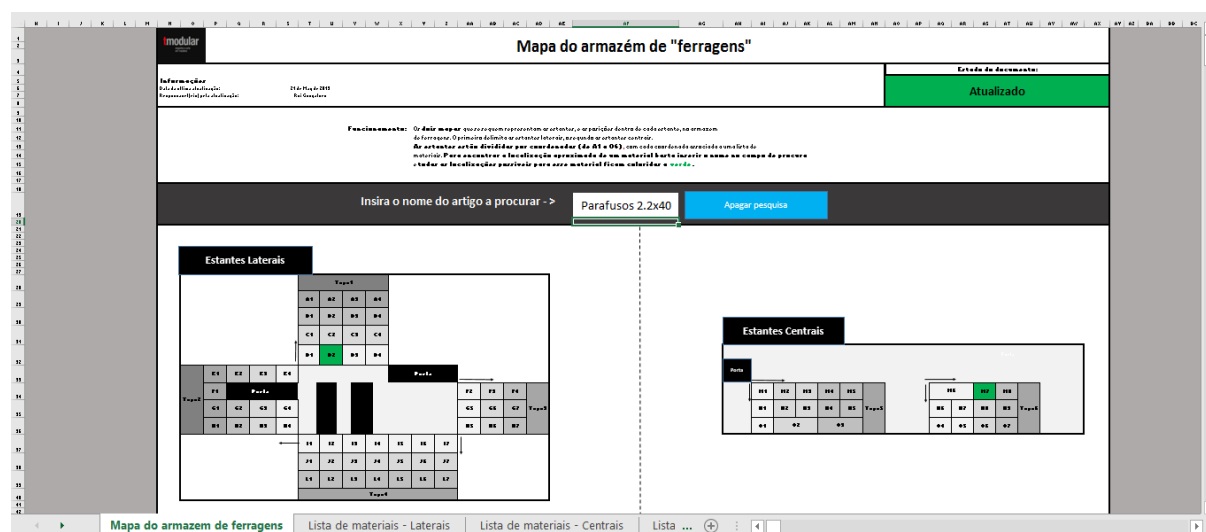


Figura 66 - Mapa por coordenadas do armazém de ferragens

Para facilitar a interpretação deste mapa procedeu-se à colocação de etiquetagem, por todas as prateleiras, da letra e número que as representam, permitindo assim que também outros trabalhadores, com autorização, possam ser encaminhados para o sítio exato, como se pode observar na Figura 67:



Figura 67 - Prateleiras etiquetadas com a coordenada respetiva

Para além desta etiquetagem foi efetuada uma outra nas ferramentas de trabalho tal como se pode ver na Figura 68.



Figura 68 - Etiqueta para ferramentas

De facto, a empresa não possuía um registo de quantas ferramentas de cada tipo existiam. Para além disso, devido à frequente utilização, por parte dos marceneiros, de ferramentas pessoais, era difícil saber distinguir quais as ferramentas que pertenciam realmente à tmodular. Assim, cada ferramenta foi etiquetada com a informação do tipo de ferramenta e do número atribuído na nova base de dados desenvolvida, como se observa na Figura 69. Todas as informações conhecidas para cada ferramenta, desde a marca e o modelo, ao custo e ao estado de conservação atual, foram inseridas nesta base.

Guardar Automaticamente Inventário de Maquinas tmodular (2ª atualização) - Excel Guilherme Gonçalves

Ficheiro Base Inserir Esquema da Página Fórmulas Dados Rever Ver Programador Ajuda Autodesk Vault Diga-me o que pretende fazer Partilhar Comentários

T14

Inventário de recursos - Equipamentos ligeiros

| Ativo | | | | Local | | Compra | | | | Quantidade / Valor | | | Outros | | | |
|------------------------|--------|---------------|------------------------|--|----------|----------------------|-----------------------|------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------|----------------|-------------|----------------------------|----------------------|
| Tipo de Máquina | Número | Marca | Modelo | Informações | Empresa | Espaço | Data do último pedido | Fornecedor | Preço unitário da compra | Vencimento da garantia | Condição | Quantidade | Valor do Ativo | Valor Total | FotoLink | Foto de estado atual |
| Pistola de Pregos | 3 | BEX | 18 50 Sq-A1 | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Pistola de Pregos | 4 | BEX | BIS / 50 -C1 | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Pistola de Pregos | 5 | Lombate | G/T 50 | Para medidas raramente usadas | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | Sem resultados encontrados | |
| Pistola de Pregos | 6 | Imperceptível | Imperceptível | Lleve ser testado para verificar o bom funcionamento | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Deve ser testada | 1 | | 0,00 € | | |
| Máquina de Agramos | 7 | Simes | GRAP-Chapa QND SA-V-15 | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | Sem resultados encontrados | |
| Martelo Pneumatico | 8 | Bosch | GBH 2 - 26 RE | | tmodular | Armazém de ferragens | 29.05.2017 | JACOME | 477,49 € | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Berbequim de Percussão | 9 | Bosch | GSB 19-2 RE | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Serra de disco | 10 | De'Valt | DV5777 | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Serra de disco | 11 | De'Valt | D23700-05 | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Serra de disco | 12 | Festool | KS 80 E | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |
| Serra de disco | 13 | Imperceptível | Imperceptível | | tmodular | Armazém de ferragens | | | | | Em bom estado | 1 | | 0,00 € | | |

Inventário - Máqs. peq.

Figura 69 - Base de dados criada para as ferramentas

5.6.4. Aplicação do 3ºS – Limpeza

Embora se possa considerar que o processo de limpeza foi constante também ao longos dos primeiros dois passos da aplicação da metodologia, foi posteriormente à seleção e organização que este processo se conclui. O maior problema neste armazém, como na generalidade da carpintaria, é o pó e as poeiras de madeira, os quais foram reduzidos ao mínimo possível. Nesta ação foram encontrados vários materiais ainda em bom estado, os quais foram alocados nos locais devidos.

5.6.5. Aplicação do 4ºS – Padronização

O processo de mapeamento do armazém pode ser considerado uma ferramenta de apoio à padronização e manutenção da boa aplicação dos 5S. Contudo para garantir a manutenção da própria ferramenta, de forma a que as coordenadas dos materiais se mantenham corretas, é necessário atualizar constantemente as listas de materiais, principalmente se existir a necessidade de alocação de novos materiais, ou de troca de posições. Assim, foi entregue ao fiel de armazém uma folha de registo para que sejam catalogadas todas estas situações e, posteriormente, entregues ao responsável comercial que, a par da gestão de stock, deverá introduzir estas alterações nas listas pendentes do mapa na folha de calculo, mantendo assim a ferramenta sempre atual.

5.6.6. Aplicação do 5ºS – Disciplina

Durante todo o desenvolvimento do projeto de 5S foi incentivado que a organização, a gestão do espaço, o controlo visual e a disciplina fossem mantidas em prol da conservação do espaço de trabalho e da simplificação das tarefas dos intervenientes. O facto de terem sido descobertos artigos perdidos, para além do ganho de espaço ser visível, influenciou positivamente a reação dos trabalhadores à ação efetuada, sentindo-se uma moralização acrescida para a manutenção das boas praticas.

Para além disto, a auditoria ao estado 5S, inicialmente para averiguar o potencial de melhoria, foi refeita para avaliar os ganhos conseguidos. Ambas as auditorias foram datadas e foi aconselhado que fossem repetidas, no mínimo semestralmente, para manter o controlo da situação e travar possíveis retornos à situação inicial.

Na Figura 70 pode-se perceber que todas as categorias sofreram melhorias significativas na avaliação o que contudo, numa perspetiva de melhoria contínua, não exclui a existência de margem para as melhorar, sempre com o objetivo de atingir os 50 pontos e uma aplicação plena.

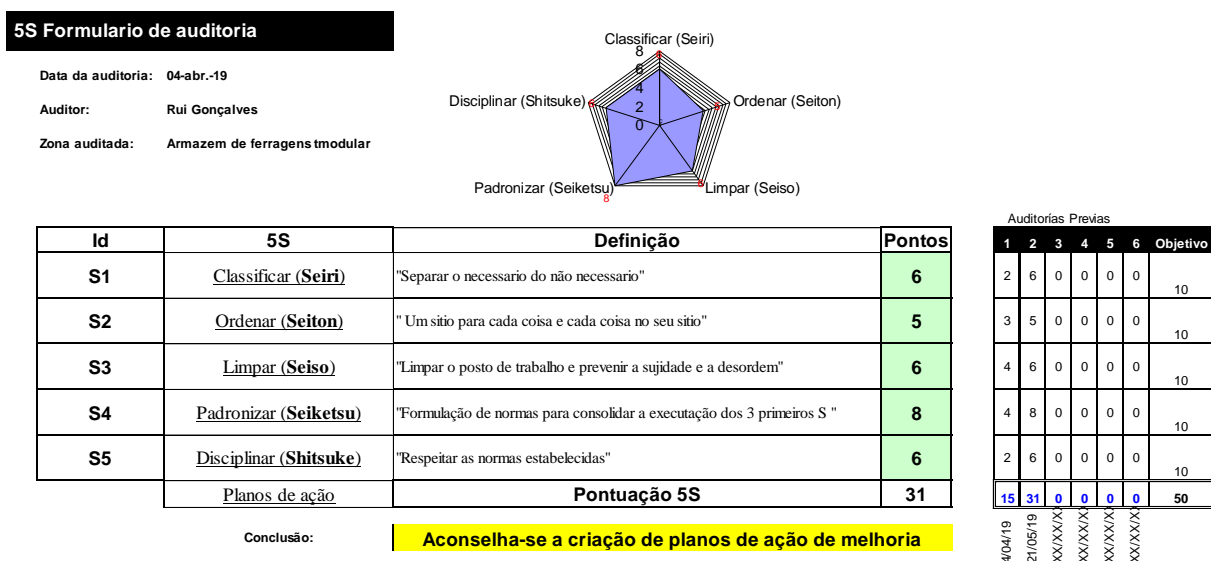


Figura 70 - Síntese dos resultados da auditoria 5S após a aplicação da metodologia

6. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo será feita a exposição e análise dos resultados obtidos, para as propostas implementadas, e dos estimados, para os que no momento da escrita da dissertação ainda não tinham passado a fase de proposta ou de teste. Assim os resultados obtidos relacionam-se maioritariamente com o projeto de 5S efetuado no armazém de ferragens. Por sua vez as propostas de reconfiguração do layout, os quadros *kanban* e PDCA, e a reconfiguração do pt3 são quantificadas com as estimativas dos ganhos perspectivadas. Para além destas também a mesa dinâmica de marceneiro se enquadra no conjunto de propostas não implementadas, apenas com a particularidade de estar já aprovada, pela equipa de inovação da dst, para desenvolvimento de um modelo de teste.

6.1. Simplificação de fluxos, aumento de áreas e redução de distâncias

O projeto primordial desta dissertação relacionou-se sempre com o estudo do layout atual e projeção de um layout futuro, em função do crescimento perspectivado.

A análise do estado atual foi de alguma complexidade pelo modo de funcionamento em ambiente *job-shop* da carpintaria e pela falta de dados mensurados. Esta análise foi ainda mais dificultada pelo input interno da direção que se opôs a um estudo extensivo dos tempos de produção e da análise de capacidade. Foi para contornar esta situação que se decidiu aplicar a ferramenta WID que, com recurso a algumas simplificações, permitiu modelar com sucesso o funcionamento geral da produção da empresa e os relacionamentos entre os postos de trabalho. Este trabalho alongado para a compreensão do panorama atual, nunca antes documentado nesta carpintaria, foi essencial para a organização dos postos de trabalho nas novas propostas de layout.

A complexidade descrita foi posteriormente agravada pela introdução de condicionantes, limitações e pressupostos, exigidos pela direção, para que as propostas fossem realisticamente ponderadas. Para além disto, foi ainda tido em consideração o ponto de vista dos trabalhadores e as dificuldades com que lidam no seu dia a dia. As listas que se seguem na Tabela 27 e Tabela 28 comportam todas estas situações correspondidas pela proposta final apresentada.

Tabela 27- Resumo das condicionantes, limitações e pressupostos garantidos pela proposta de layout

| Autoria | Nr | Situação | Solução proposta |
|----------------|----|--|--|
| Direção | 1 | Aumento da área do piso de produção da carpintaria de 2000m ² para 4000m ² em função das perspectivas de crescimento e da posse e disponibilidade de área circundante. | Esta situação foi obrigatória e, portanto, considerada em todas as propostas efetuadas. |
| | 2 | O aumento do piso de produção deve ser emulado para o andar inferior, aproveitando o declive do terreno, e deve ser concebido com local de armazenamento de produto final e cais de expedição. | O piso inferior foi concebido para todas as propostas, com a alocação do armazém de produto final e ainda dos postos de trabalho associados aos acabamentos (limpeza e eletrificação). Para além do cais de expedição foi criado na proposta final um cais de entrada direta para a eletrificação para o caso dos moveis pré-fabricados por outsourcing. |
| | 3 | A maquinaria específica do trabalho em madeira deve ser separada das restantes. | Todas as propostas apresentam um bloco exclusivo para as máquinas em questão e outro para as máquinas usadas nos derivados, facilitando a limpeza dos locais, garantindo maior segurança para os trabalhadores e reduzindo riscos associados à qualidade dos produtos mais frágeis. |
| | 4 | Os escritórios devem ser reformulados e pensados para as necessidades da equipa administrativa e da equipa do planeamento. O tamanho dos de cada secção é estipulado para cerca de 130m ² . | Os escritórios foram planeados com um andar de 130m ² para cada equipa. Na proposta final estes foram separados de forma a garantir que a equipa administrativa se encontra o mais afastada possível dos maiores focos de ruído e que a equipa do planeamento se encontra próxima da zona de produção. |
| | 5 | Pela estrutura já montada, a zona das cabines de pintura deve ser mantida. | Este pressuposto foi assumido e por isso garantido em todas as propostas atentando-se apenas à realocação dos trabalhos de limpeza, acabamento e eletrificação até agora efetuados nesta área. |
| | 6 | O espaço associado ao armazenamento de placas deve ser escalado para o dobro. | Os layouts foram projetados com 12 <i>racks</i> para o armazenamento de placas sendo que a proposta final equaciona a separação entre placas de alta rotatividade e de baixa rotatividade de forma a reduzir espaços percorridos. |
| | 7 | Devem existir pelo menos 16 mesas de montagem com uma área dedicada de cerca de 15m ² para o trabalho executado e para armazenamento intermédio. | Todos os 16 postos de trabalho criados na zona de montagem possuem a área definida. |
| | 8 | Devem ser dimensionados e assinalados locais de armazenamento intermédio nos postos de trabalho que o exijam e delineadas vias de circulação adequadas ao transporte de placas. | Todas as propostas possuem locais destinados ao armazenamento intermédio com as dimensões adequadas caso a caso. As vias de circulação são garantidas com corredores de cinco metros ou mais em todos os locais de manobra de empilhadores. |
| | 9 | O transporte de produto acabado entre o andar da produção e o andar inferior deve ser feito através de uma monta cargas. | Foi planeado em todos os layouts um monta-cargas, com dimensão suficiente para acomodar os moveis de grande dimensão. |

A Tabela 28 apresenta as necessidades e propostas dos trabalhadores.

Tabela 28 - Resumo das necessidades e propostas dos trabalhadores garantidas pela proposta de layout

| Autoria | Nr | Situação | Solução proposta |
|--------------------------------|----|--|--|
| Trabalhadores e direção | 1 | Aumento da área dedicada aos momentos de pausa dos trabalhadores. | Todas as propostas possuem um aumento significativo dos balneários e das áreas de lazer. |
| Trabalhadores | 2 | Consideração do espaço necessário para garantir a fácil manobra das matérias primas de grande dimensão nas máquinas. | Todas as máquinas possuem espaço circundante suficiente para a manobra das maiores placas. |

Para além do cumprimento das exigências e das necessidades estabelecidas comprovado nas tabelas anterior, o correto posicionamento dos postos de trabalho, em função do tipo de

mobiliário para a qual esta carpintaria se especializou, permitiu estimar uma redução dos transportes de material em cerca de 38% face à situação atual, o que demonstra um elevado sucesso neste indicador tendo em conta o grande aumento de área planeado, tal como se pode observar na *Tabela 29*.

Tabela 29 - Redução estimada nos transportes para a nova proposta

| | Atual | Proposta Final |
|--|-------|----------------|
| Metros percorridos em transporte durante 2 semanas | 3483 | 2152 |
| Ganhos percentuais | - | -38% |

Este indicador está analisado sobre a perspetiva de metros percorridos a menos em transporte, contudo, outro benefício evidente, mas difícil de calcular, relaciona-se por exemplo com o impacto na qualidade. De facto, certos materiais são extremamente frágeis, como é o exemplo das folhas de alumínio coladas na superfície de alguns móveis, e facilmente danificáveis. A redução dos transportes reduz assim também o risco inerente a estes danos que, se forem consideráveis, podem obrigar a desperdiçar toda a peça, causando dano financeiro direto e necessidade de retrabalho.

Para concluir importa salientar que a proposta final foi recebida com agrado pela direção da empresa, pelo gabinete de planeamento e pelo próprio encarregado de fábrica, pelo que se deduz que quando a expansão for validada pela dst group esta será considerada em pleno, o que confirma o sucesso da mesma.

6.2. Melhoria na gestão visual e comunicação

A proposta de criação de um quadro *kanban* é fundamentalmente concebida para a agilizar o processo de controlo e planeamento da produção. O fluxo de informação entre a equipe responsável pelo planeamento de produção e o chão de fábrica é maioritariamente conseguido pela comunicação com o encarregado da fábrica. Isto não só sobrecarrega o encarregado de uma responsabilidade enorme como afunila o controlo e a partilha de informação, pelo que a criação de um quadro dinâmico capaz de representar o estado atual da produção de forma visual e clara para todas as partes interessadas será uma adição de grandes vantagens.

Para além da melhoria de gestão visual evidente esta prática permitirá também ter uma noção mais rápida dos problemas e das limitações do dia-a-dia da produção, permitindo uma maior eficiência e celeridade na abordagem dos problemas e garantindo um planeamento de produção

mais informado que irá contribuir para uma redução do desperdício provocado por congestionamento da produção (WIP).

6.3. Redução do tempo para montagem de novos produtos

O quadro PDCA é um apoio essencial à preparação e planeamento de produção de novos produtos. Sempre que existe a conceção de um novo modelo é preciso pensar qual o melhor método para agilizar a sua produção. Este trabalho é frequentemente garantido, uma vez mais, pelo encarregado e pela equipa do planeamento. Não obstante das suas capacidades, a experiência e o feedback dos trabalhadores poderá ser importante para reduzir custos de produção, para além de aumentar a satisfação dos mesmos no trabalho por se sentirem ouvidos e participativos nas decisões da empresa.

Embora ainda não tenha sido implementada, esta ideia foi já posta em prática em teste num novo produto específico, uma mesa “*Optimum Experience*”, para a qual um dos momentos de produção acarreta um trabalho de pelo menos quatro horas por produto, numa mesa de montagem, que poderia ser executado em minutos a montante na CNC. Assim, considerando a tarifa paga ao marceneiro responsável por esse trabalho de 9,99€/hora, facilmente se estima que o custo de mão de obra desperdiçado seja de $4 * 9,99 \approx 40$ €/mesa (não contabilizando aqui os custos associados aos possíveis problemas de qualidade).

Tendo em conta que já foram produzidas três destas novas mesas estima-se uma perda de 120 euros. Se for considerada a potencial existência de vários destes desperdícios nos produtos produzidos que nunca passaram pela auscultação ponderada da opinião dos trabalhadores, este valor pode ascender aos vários milhares de euros anuais.

6.4. Melhoria das condições de trabalho do pt3

Durante a análise efetuada ao posto de trabalho onde se executam os cortes das placas na seccionadora verificou-se que parte das atividades executadas pelo trabalhador consistiam em transportes. Destes, o mais relevante, era o transporte manual destas placas para cima da mesa de corte. Embora seja um transporte curto, o peso da placa obriga a um esforço físico considerável, com riscos inerentes para a qualidade ergonómica e segurança no posto para o executante. A proposta efetuada é a de reconfigurar as atividades deste posto com a introdução

de uma mesa elevatória de apoio que suporte as placas e as eleve à altura necessária, sendo a única tarefa manual desta nova situação a de arrastar.

Esta mesa permite assim uma maior qualidade de trabalho para o operador uma vez que se reduzem os movimentos associados à atividade de dois (levantar e arrastar) para apenas um (arrastar) facilitado. A redução dos riscos ergonómicos e o consequente ganho para a segurança do operador é bem visível na comparação, utilizando a análise de REBA, entre situação atual e situação proposta da Figura 71.

| Antes | | | | Depois | | | |
|-------|-----------|---------------|----------------|--------|------------------------------|---------------|----------------|
| | Atividade | Nível de ação | Nível de risco | | Atividade | Nível de ação | Nível de risco |
| 1 | Levantar | 2 de 4 | Médio | 1 | Arrastar (com apoio de mesa) | 1 de 4 | Baixo |
| 2 | Arrastar | 2 de 4 | Médio | | | | |

Figura 71 - Comparação dos níveis de risco ergonómico, utilizando o método de REBA, antes e depois da proposta de reconfiguração do posto

6.5. Adequação e padronização da zona de montagem

A mesa dinâmica de marceneiro foi proposta com o intuito de padronizar o posto de trabalho e atualizá-lo às necessidades atuais da profissão. Assim a solução apresentada representa uma alternativa adaptável a qualquer trabalhador, com capacidade de armazenamento e organização para todas as ferramentas que este posto exige, permitindo personalização sem descurar a padronização.



Figura 72 - Estado atual das mesas de montagem(a) e proposta para uma mesa dinâmica (b)

A proposta da Figura 72b) é caracterizada pelos seguintes benefícios:

- Tampo da mesa de trabalho, com 2200x900mm, feito em “tricapa”, material de grande resistência e estabilidade, encaixado numa estrutura de ferro regulável entre 900 e 1140

mm de altura em função da estatura do trabalhador, garantindo o correto acomodamento ergonómico;

- O resto da mesa construída em melamina, com o armazenamento das ferramentas e algumas ferragens garantido por quatro gavetas, um armário de portas e uma bandeja lateral para pousar as ferramentas em uso;
- Interior revestido com espuma moldável para uma organização rigorosa das ferramentas atribuídas ao kit mínimo necessário para um marceneiro, no âmbito dos conceitos dos cinco sentidos;
- Uma cobertura removível de neopreno com as dimensões do tampo, armazenada em dois aros na lateral da mesa, para proteção do posto em trabalhos mais pesados;
- Um torno manual para o trabalho efetuado em madeira, elemento que será apenas acoplado em apenas duas das 16 mesas planeadas para os novos layouts pela raridade de utilização;
- Rodas retráteis para garantir a mobilidade da mesa, em caso de necessidade, sem hipotecar a estabilidade durante o trabalho.

Para além da garantia de atualização do posto de trabalho aos padrões atuais, a metodologia dos 5S, que inspirou a base conceptual do modelo criado, permite ao trabalhador ganhar o tempo perdido a procurar ferramentas que, até agora, são frequentemente pessoais e guardadas em caixas de ferramentas privadas, e ainda partilhadas.

Tabela 30- Ganhos com a padronização do pt18

| | Gasto atualmente a procurar ferramentas num dia | Estimado para a procura de ferramentas em 1 dia (nova mesa) |
|------------------------|---|---|
| Tempo médio em minutos | 15 mins | 5 mins |
| Ganho em percentagem | - | 67% |
| Ganho em mão de obra | - | 1,67 € por marceneiro |

Tal como se pode observar na Tabela 30, apenas contabilizando o desperdício do tempo de procura de ferramentas, estima-se um ganho de 1,67€ por dia para cada marceneiro das mesas de montagem, o que equivale a cerca de 420€ ano. Assim, numa situação de utilização plena das 16 mesas projetadas para os novos layouts, isto equivale a $16 \times 420 = 6720$ €/ano.

No momento de termino desta dissertação o modelo tinha já sido aprovado para produção de um exemplar de experiência, orçamentado para 3000 euros.

6.6. Aumento de espaço no armazém de ferragens e transferência de conhecimento

O projeto 5S no armazém de ferragens foi o único aplicado na totalidade aquando da realização desta dissertação. O seu impacto na reorganização foi essencial para ganhar espaço (Figura 73) e para conhecer e documentar a localização de toda a matéria prima, transferindo algum do conhecimento especializado, do fiel do armazém, para o conhecimento geral da empresa, pela via informática através do mapeamento.



Figura 73 - Corredor central: a) antes; b) depois

Os ganhos foram confirmados com a realização de duas auditorias para as situações pré e pós projeto 5S, que podem ser observadas na Tabela 31.

Tabela 31 - Comparação dos resultados da auditoria 5S para cada um dos sentidos (antes e depois)

| Senso | Pontuação antes do projeto | Pontuação após o projeto |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Classificar (Seiri) | 2 | 6 |
| Ordenar (Seiton) | 3 | 5 |
| Limpar (Seiso) | 4 | 6 |
| Padronizar (Seiketsu) | 4 | 8 |
| Disciplinar (Shitsuke) | 2 | 6 |
| Total: | 15 | 31 |

Por fim, embora não se possa considerar como um ganho real, foram encontrados inúmeros artigos considerados já utilizados, ou perdidos, tais como coletes e material de obra, que poderão ser agora vendidos por um total de algumas centenas de euros, embora este valor ainda não tivesse sido garantido aquando do fim desta dissertação.

7. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões tiradas ao longo do trabalho realizado. Apresenta ainda algumas sugestões para trabalho futuro.

7.1. Conclusões

Os principais focos desta dissertação passavam por reconfigurar o layout da carpintaria da tmodular e melhorar os processos do sistema produtivo, recorrendo à filosofia *Lean Thinking*. Para isto foram assumidos objetivos tais como reduzir desperdícios e custos, aumentar a produtividade, simplificar fluxos de trabalho e reduzir a desorganização nas zonas de stock intermédio.

Para atingir esses objetivos foi inicialmente necessário perceber o estado atual da empresa. Assim foram usadas ferramentas de análise/diagnóstico do estado atual tais como análises ABC, diagramas de sequência, o WID, a distribuição de *weibull* e a análise REBA. Esta fase foi de complicação acrescida por algumas limitações estabelecidas no início do projeto por parte da direção, nomeadamente o veto ao estudo cronometrado dos tempos de produção. Este ponto foi eventualmente ultrapassado através de algumas simplificações efetuadas nas ferramentas de diagnostico utilizadas, permitindo a compreensão adequada do funcionamento da carpintaria.

Concluído o diagnostico ficaram visíveis alguns focos de problemas evidentes para além do sugerido de reconfiguração do layout. Identificaram-se os problemas relacionados com o planeamento e controlo da produção, problemas com o estado de alguns equipamentos, nomeadamente a orladora, falta de normalização no posto de montagem/asmblagem, desorganização nos pontos de armazenamento de stock e ainda riscos ergonómicos na atividade desenvolvida no posto da seccionadora.

Para desenvolver propostas de reconfiguração do layout para um eventual crescimento da carpintaria foi utilizado o método SPL que permitiu responder às necessidades da empresa, da direção e dos trabalhadores, reduzindo os transportes de material em 38%.

Em relação ao controlo e planeamento da produção foi sugerido um conjunto de quadros *kanban* e PDCA. O primeiro garante uma gestão visual efetiva reduzindo a ocorrência de erros e garantindo uma maior noção geral do dia-a-dia da produção. Já para o caso do quadro PDCA ficou provado que a sua aplicação, aquando da definição das gamas e métodos operatórios de um novo produto, permite poupanças significativas nos custos de produção. O exemplo estudado demonstrou uma poupança de 40€ por cada produto daquela tipologia, apenas considerando mão de obra, o que sugere possíveis ganhos significativos quando se aplica o método a uma gama de dezenas de entidades diferentes.

Os riscos ergonómicos do posto de trabalho onde se insere a seccionadora foram combatidos com a proposta de introdução de uma mesa elevatória, de suporte à atividade de manuseio das placas. Esta proposta permite transformar as duas atividades identificadas no posto como “atividades de risco médio” para apenas uma atividade de “baixo risco.”

A falta de normalização no posto de montagem/asmblagem foi abordada como uma oportunidade de atualizar o posto às necessidades modernas. Assim foi criada uma alternativa às atuais mesas de marceneiro que permite uma aplicação dos conceitos 5S às ferramentas necessárias à atividade, onde se estima um ganho de 420€ ano, por marceneiro, tendo apenas em conta o tempo atualmente perdido a procurar material. Esta mesa denominada de “mesa dinâmica de marceneiro” estava em fase de desenvolvimento de protótipo aquando da finalização desta dissertação.

Por fim, a única proposta que foi já aplicada foi o projeto 5S no armazém de ferragens. Aqui os ganhos foram evidentes em todos os sentidos aplicados, sendo que ainda se procedeu à informatização dos locais de armazenamento de cada tipo de matéria prima, transportando o conhecimento individualizado do responsável do posto para o conhecimento geral da empresa.

Entre as propostas apresentadas, as que se encontram em fase de testes e as implementadas o sentimento é de sucesso generalizado no cumprimento dos objetivos.

7.2. Trabalho futuro

A situação atual da empresa deixa em aberto várias situações passíveis de análise em futuros trabalhos. Em relação ao pt6, o posto da CNC, seria interessante perceber a viabilidade financeira de acrescentar uma segunda máquina CNC, possivelmente mais pequena para trabalhos menores, sobre a supervisão do mesmo trabalhador. Os resultados obtidos durante a

amostragem do trabalho sugerem que existem vários tempos mortos que podiam ser utilizados pelo operador para reduzir o WIP da estação, ideia que o próprio considera praticável.

No caso do pt11, local da orladora, verificou-se que a substituição da mesma parece ser importante senão urgente. Durante este estágio foram já estabelecidos contactos com fornecedores no intuito de conhecer alternativas, contudo, impõe-se agora um estudo mais aprofundado das características essenciais e dos ganhos que poderão advir deste investimento.

Finalmente o pt18, o local de montagem/asmblagem, demonstra ser ainda muito individual e característico de cada marceneiro, podendo merecer um estudo sobre os métodos utilizados e sobre a possibilidade de padronizações do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. C., Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Siriban-Manalang, A.-B. (2014). Lean Production Multidisciplinary: from Operations To Education. *7th International Conference on Production Research - Americas*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1524.0005>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., & Dinis-Carvalho, J. (2015). Redesign of the production system: A hard decision-making process. In *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1128–1132). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385824>
- Alves, A., Sousa, R., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transaction*, 43(4), 344–352. <https://doi.org/10.5937/fmet1504344A>
- Amaro, P., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2019). Lean Thinking: A Transversal and Global Management Philosophy to Achieve Sustainability Benefits. In *Lean Engineering for Global Development* (pp. 1–31). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7_1
- Apreutesei, M., Suci, E., & Arvinte, I. R. (2010). Lean Manufacturing - A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes. *Analele Universității Eftimie Murgu Reșița. Fascicula de Inginerie*, 17(2), 23–34.
- Assis, R. (2014). *Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Ativos Físicos* (2ª edição). Lisboa: Lidel - edições técnicas.
- Aulakh, S. S., & Gill, J. S. (2008). Lean manufacturing- a practitioner's perspective. In *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1184–1188). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738057>
- Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18–19), 3929–3952. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
- Burbidge, J. L. (1992). Change to group technology: process organization is obsolete. *International Journal of Production Research*, 30(5), 1209–1219. <https://doi.org/10.1080/00207549208942951>
- Caffyn, S. (1999). Development of a continuous improvement self-assessment tool. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(11), 1138–1153. <https://doi.org/10.1108/01443579910291050>
- Deming, W. E., & Shewhart, W. A. (1939). *Statistical method from the viewpoint pf quality control*. Washington, The Graduate School, The Department of Agriculture.
- Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2015). Waste identification diagrams. *Production Planning and Control*, 26(3), 235–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.891059>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hitomi, K. (1979). *Manufacturing systems engineering: unified approach to manufacturing technology and production management*. London: Taylor & Francis.
- Ho, S. K. M. (1997). Workplace learning: the 5-S way. *Journal of Workplace Learning*, 9(6), 185–191. <https://doi.org/10.1108/13665629710180375>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>

- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Kajdan, V. (2008). Bumpy road to lean enterprise. *Total Quality Management & Business Excellence*, 19(1–2), 91–99. <https://doi.org/10.1080/14783360701602338>
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Lean Enterprise Institute, I. (n.d.). Plan, Do, Check, Act. Retrieved December 4, 2019, from <https://www.lean.org/lexicon/plan-do-check-act>
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2013). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*. Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27922-5_14
- Muther, R., & Hales Lee. (2015). *Systematic Layout Planning*. Management & Industrial Research Publications.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company – A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Reis, L. O. R., & Andrade, J. J. de O. (2009). Análise de falhas e da posição na curva da banheira de moldes empregados em equipamentos de injeção. *Anais Do XXIX ENEGEP*.
- Ritter, C., Barkokebas, B., & Al-Hussein, M. (2018). Evaluation of Existing Layout Improvement and Creation Algorithms for Use in the Offsite Construction Industry. *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, 93–100. <https://doi.org/10.29173/mocs44>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See - Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2005). Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques. *Lean Construction Journal*, 2(2), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2016.01.007>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5^a edição). Harlow: Pearson Education Limited.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações LEAN - Metodologias Kaizen para a melhoria contínua* (1^a edição). Mansores: LeanOp.
- Tchakoua, P., Wamkeue, R., Ouhrouche, M., Slaoui-Hasnaoui, F., Tameghe, T., & Ekemb, G. (2014). Wind Turbine Condition Monitoring: State-of-the-Art Review, New Trends, and Future Challenges. *Energies*, 7(4), 2595–2630. <https://doi.org/10.3390/en7042595>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in*

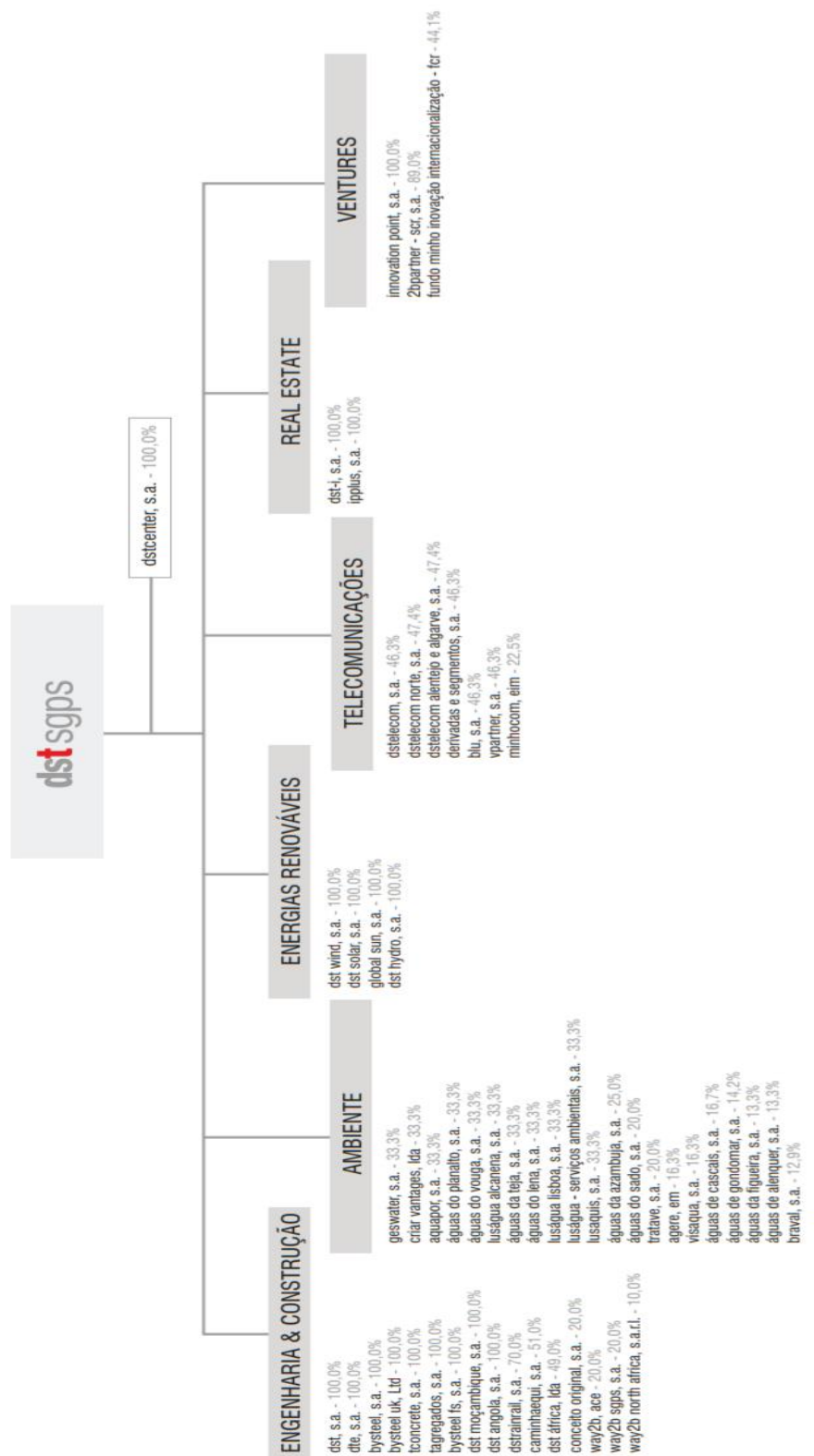
Your Corporation. Free Press.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. Maxwell Macmillan International.

ANEXOS

ANEXO I – DIAGRAMA DAS PARTICIPAÇÕES DO GRUPO DST



19.11.2018

Figura 74 - Diagrama do grupo dst.

Zona de transformação de derivados e madeiras



Pintura, acabamentos e eletrificação

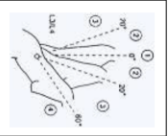
Armazém de placas


110

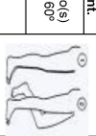
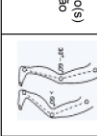
ANEXO III – TABELA ESTRUTURANTE DO MÉTODO REBA

FOLHA DE CÁLCULO REBA

GRUPO A: Tronco, pescoço e pernas

| Tronco | | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------------|---|
| Movimento | Pontuação | Mudar Pont. | |
| Ereção | 1 | | |
| 0°-20° flexão | 2 | | |
| 0°-20° extensão | 3 | +1 se há torção ou flexão lateral |  |
| >20° flexão ou >20° extensão | 4 | | |
| >60° flexão | | | |

| Pescoço | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|---|
| Movimento | Pontuação | Mudar Pont. | |
| 0°-20° flexão | 1 | | |
| >20° flexão ou extensão | 2 | +1 se há torção ou flexão lateral |  |

| Pernas | | | |
|-------------------------------------|-----------|--|---|
| Movimento | Pontuação | Mudar Pont. | |
| Peso bilateral, andando ou sentado | 1 | +1 se joelho(s) entre 30° e 60° flexão |  |
| Peso unilateral ou postura instável | 2 | +2 se joelho(s) > 60° flexão |  |

| Carga/Força | | | |
|-------------|---|---|----|
| | 1 | 2 | +1 |
| < 5 Kg | | | |
| 5 a 10 Kg | | | |
| > 10 Kg | | | |

PONTUAÇÃO A

QUADRO A

| Pernas | Tronco | | | | |
|--------|--------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

QUADRO B

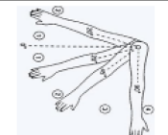
| Pulso | Braço | | | | | |
|-------|-------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 |
| 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 |
| 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 |
| 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 |
| 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 |
| 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 |
| 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 |

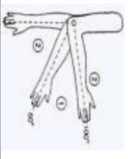
QUADRO C


| Pontuação A | Pontuação B | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |

- Correcção: +1 se:
- Uma ou mais partes do corpo estáticas + 1 min.
 - Ações repetidas mais de 4x por minuto
 - A acção causa rápidas alterações à postura ou uma base instável

GRUPO B: Braços, antebraços e pulsos

| Braços | | | |
|---------------------------------|-----------|--|---|
| Movimento | Pontuação | Mudar Pont. | |
| 0°-20° flexão/ extensão | 1 | +1 se há abdução ou rotação | |
| >20° extensão ou 20°-45° flexão | 2 | +1 se há elevação do ombro |  |
| 45°-90° flexão | 3 | -1 se apoiado suportando o peso. Acção da gravidade. | |
| >90° flexão | 4 | | |

| Antebraços | | | |
|-----------------------------|-------|--|---|
| Movimento | Score | | |
| 60°-100° flexão | 1 | | |
| <60° flexão ou >100° flexão | 2 | |  |

| Pulsos | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|---|
| Movimento | Pontuação | Mudar Pont. | |
| 0°-15° flexão/ extensão | 1 | | |
| >15° flexão/ extensão | 2 | +1 se há desvio lateral ou torção |  |

| Pontuação Quadro B | | | |
|--|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 |
| Pega bem ajustada, mas não ideal ou a ligação é potencialmente insegura por outra parte do corpo | | | |
| Pega aceitável | | | |
| Pega não aceitável apesar de possível | | | |
| Pega difícil e insegura, sem pesos ou a ligação é inaceitável por outras partes do corpo | | | |

Ligação - Coupling

PONTUAÇÃO FINAL (REBA):


Baseado na Nota Técnica: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett & McAtamney, Applied Ergonomics, 31, pp.201-205
Adaptado por Paula Carneiro (Universidade do Minho), 2009


Figura 76 - Folha de cálculo REBA

APÊNDICES

APÊNDICE I - FAMÍLIAS DE OPERAÇÕES

Gamas operatórias / Famílias de operações

| Sequência | Modelos representados | Produto representativo (pela ABC) | | | | Código | Imagem Auxiliar | | |
|-----------------|---|--------------------------------------|-----|----------------|----------|-------------|---|------------|-------------|
| Seq. Op. 1 ↓ | MCO-0.4 1.2 ME-P-0.8 1.4 ME-A-0.8 1.5 ME-B-0.925 1.5 ME-A-0.8 1.8 ME-B-0.925 1.8 ME-A-0.8 1.2 ME-B-0.925 1.2 | Descente murale trade (constructeur) | | | | MCO-0.4 1.2 |  | | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 | Op9 | Op10 |
| Seccionadora | Colagem/Prensa | Seccionadora | CNC | Esquadrejadora | Orladora | Montagem | Eletificação | Acabamento | Embalamento |

| Sequência | Modelos representados | Produto representativo (pela ABC) | | | | Código | Imagem Auxiliar | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|--------------|-------------|--|--|--|
| Seq. Op. 2 ↓ | MB1-0.5 0.9 MB3-0.5 0.5 | Bibliothèque - avec écran - 1800 | | | | MB2-0.5 1.8 |  | | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 | | |
| Colagem/Prensa | Seccionadora | Esquadrejadora | Orladora | Montagem | Eletificação | Acabamento | Embalamento | | |

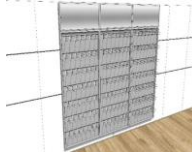




| Sequência | Modelos representados | Produto representativo (pela ABC) | | | | Código | Imagem Auxiliar | | |
|-----------------|--|-------------------------------------|-----|----------|----------|--------------|---|-------------|--|
| Seq. Op. 3 ↓ | MB1-0.5 0.9 MB3-0.5 0.5 PTD-0.55 0.575 | Accessoires - Descente murale trade | | | | MAC-0.9 1.85 |  | | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 | Op9 | |
| Seccionadora | Colagem/Prensa | Seccionadora | CNC | Orladora | Montagem | Eletificação | Acabamento | Embalamento | |

Figura 77 - Gamas operatórias (1 de 2).

| Sequência | Modelos representados | Produto representativo (pela ABC) | Código | Imagem Auxiliar | | | |
|---|---|--------------------------------------|---------------|---|--------------|------------|-------------|
| Seq. Op. 4  | PTC-G-0.6 0.6 MT-0.45 0.45 MCR-D-0.64 0.80 MCR-G-0.64 0.80 | Postes vs - Poste de travail central | PTC-D-0.6 0.6 |  | | | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 |
| Seccionadora | Esquadrejadora | CNC | Orladora | Montagem | Eletificação | Acabamento | Embalamento |

| Sequência | Modelos representados | Produto representativo (pela ABC) | | | | | Código | Imagem Auxiliar | |
|---|---|-----------------------------------|-----|----------|----------------|----------|--------------|--|-------------|
| Seq. Op. 5  | PTC-G-0.6 0.6 MT-0.45 0.45 MCR-D-0.64 0.80 MCR-G-0.64 0.80 | Meuble Marqueur - 1500 | | | | | MM-0.6 1.5 |  | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 | Op9 | Op10 |
| Seccionadora | Colagem/Prensa | Seccionadora | CNC | Orladora | Esquadrejadora | Montagem | Eletificação | Acabamento | Embalamento |


| Sequência | Modelos representados | | | Produto representativo (pela ABC) | Código | Imagem Auxiliar |
|---|-----------------------|-------|-------------|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Seq. Op. E  | | | | Multilaminas | | |
| Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | | | |
| Seccionadora | Orladora | Topia | Embalamento | | | |

Figura 78 – Gamas operatórias (2 de 2).

APÊNDICE II – PRINCIPAIS SEQUÊNCIAS OPERATÓRIAS DA TMODULAR

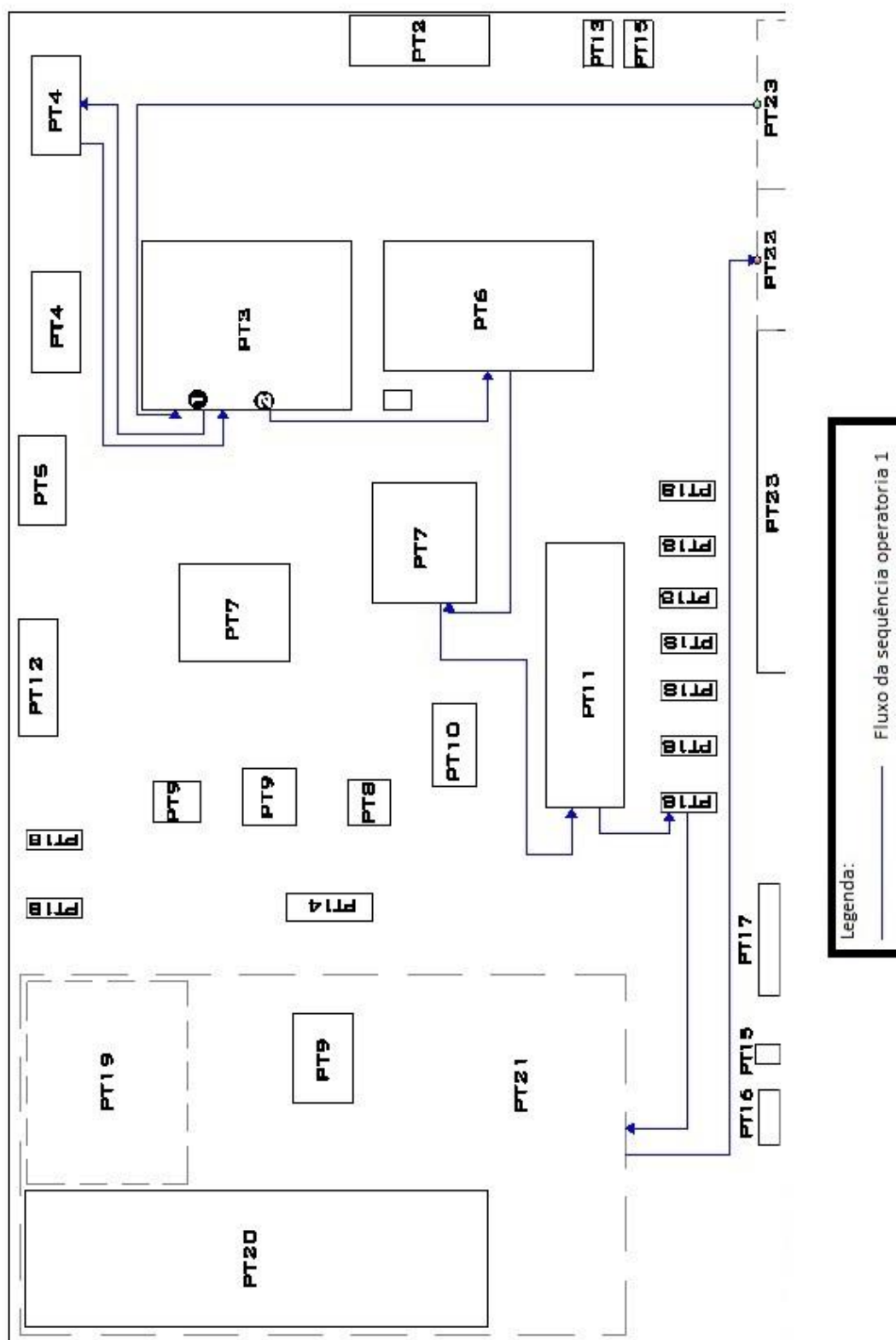


Figura 79 - Representação da sequência operatória 1

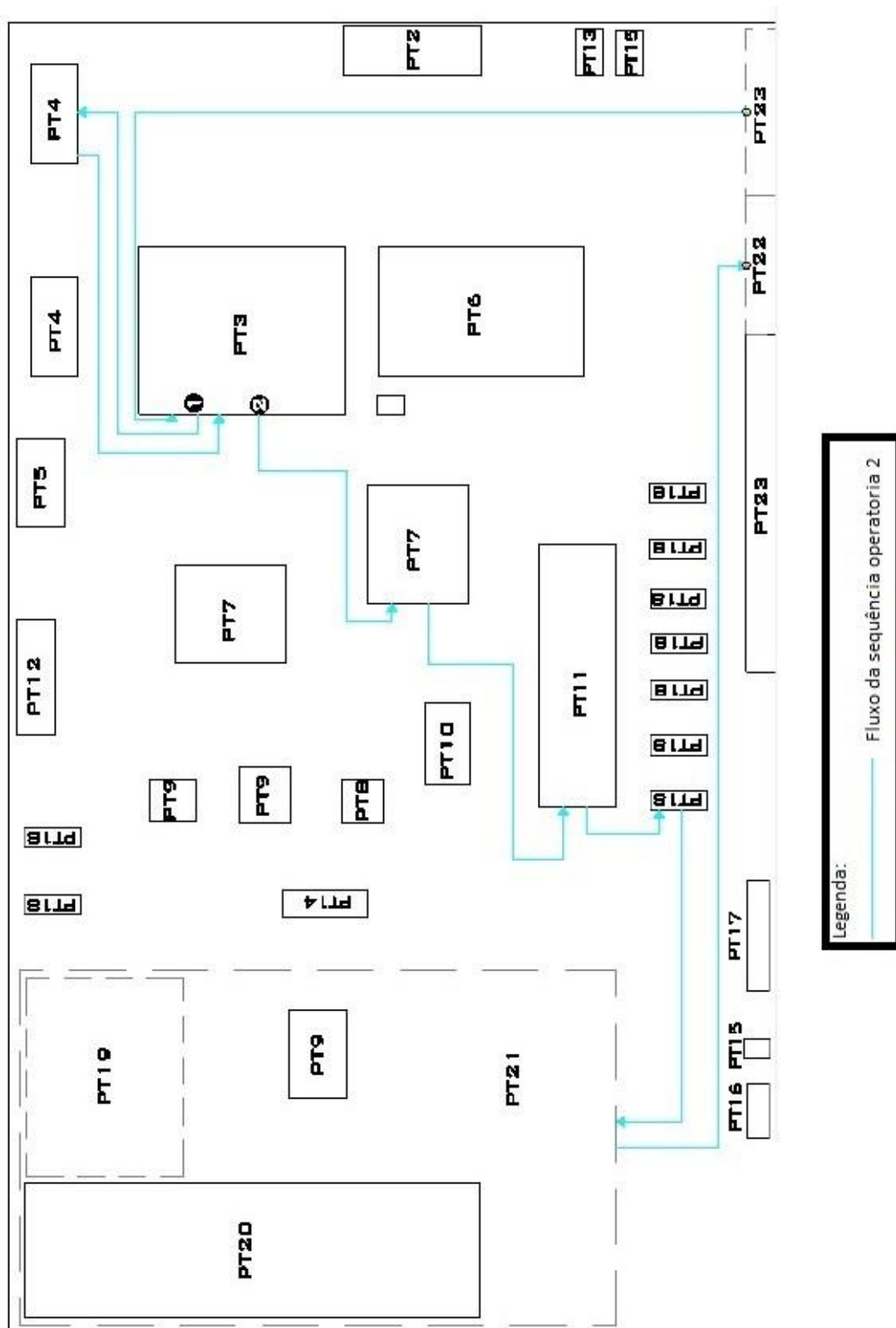
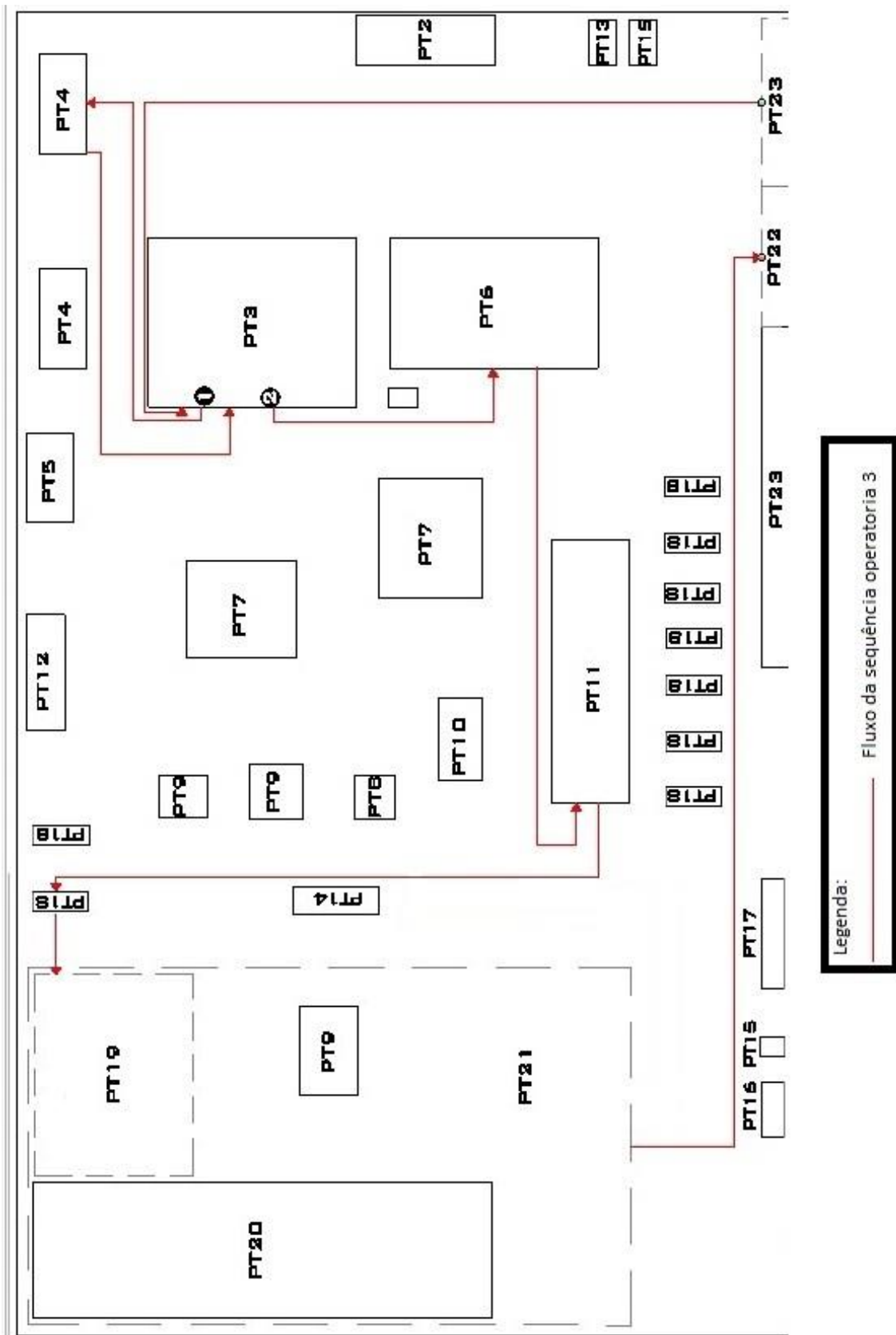


Figura 80 - Representação da sequência operatória 2



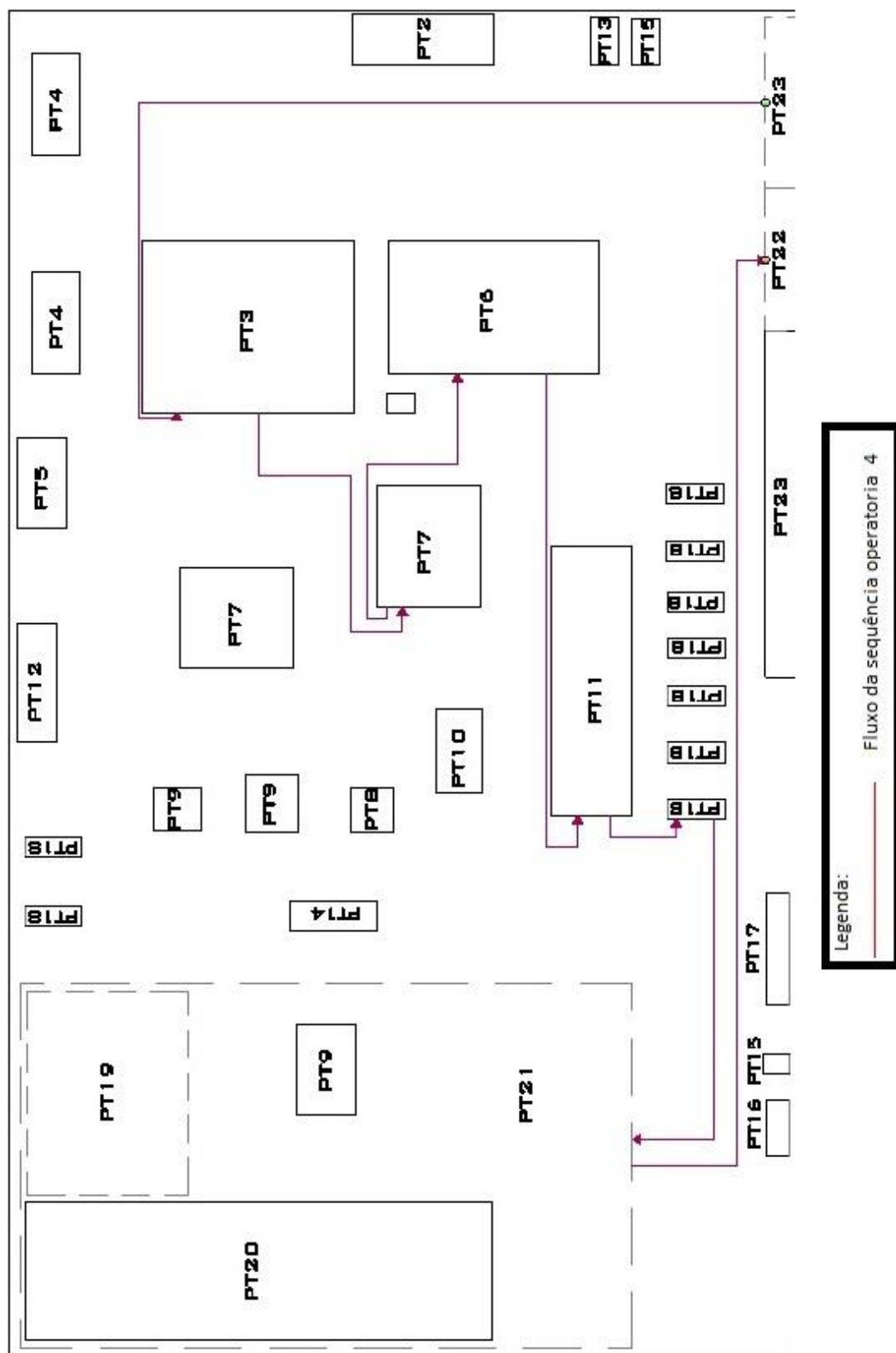


Figura 82 - Representação da sequência operatória 4

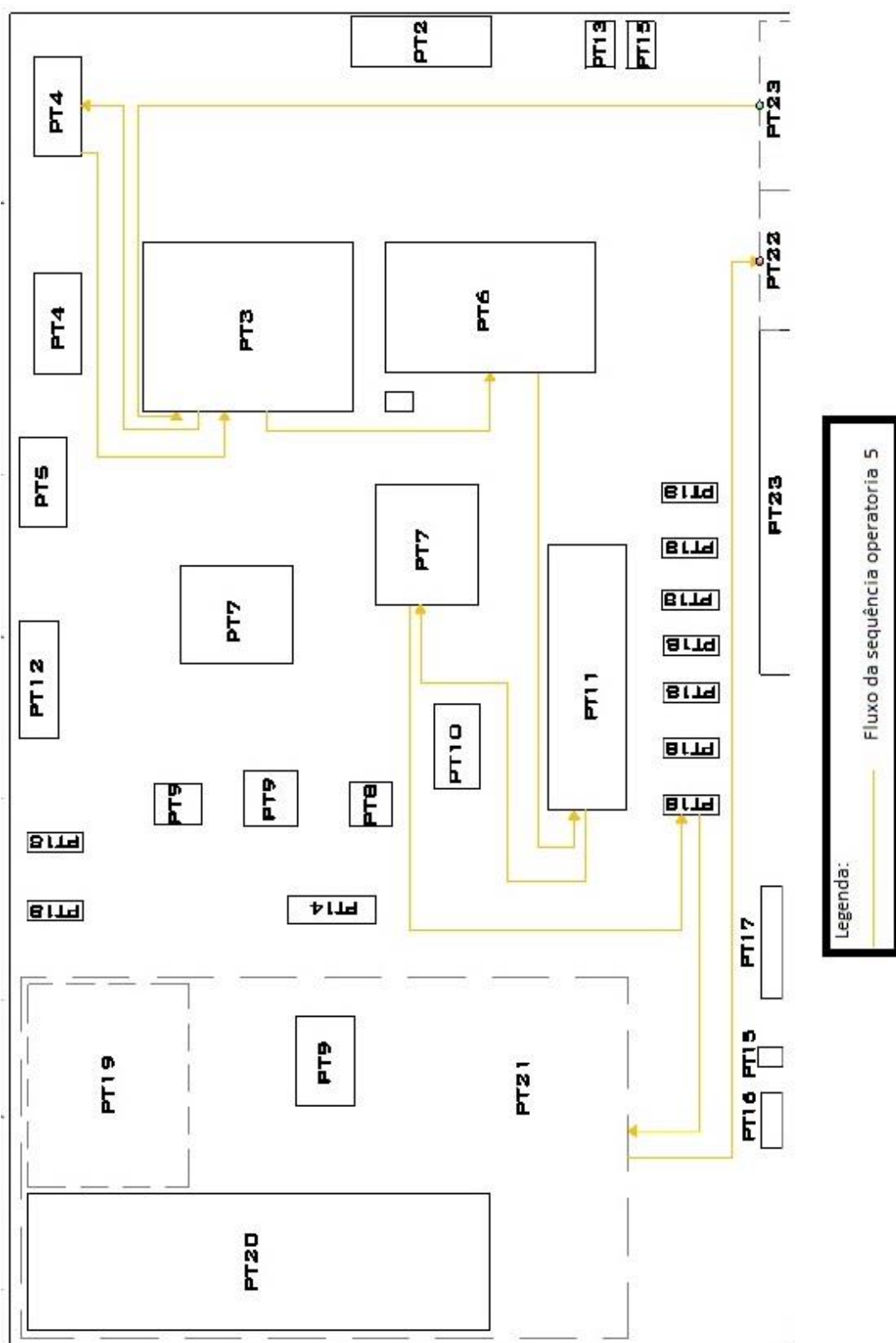


Figura 83 - Representação da sequência operatória 5

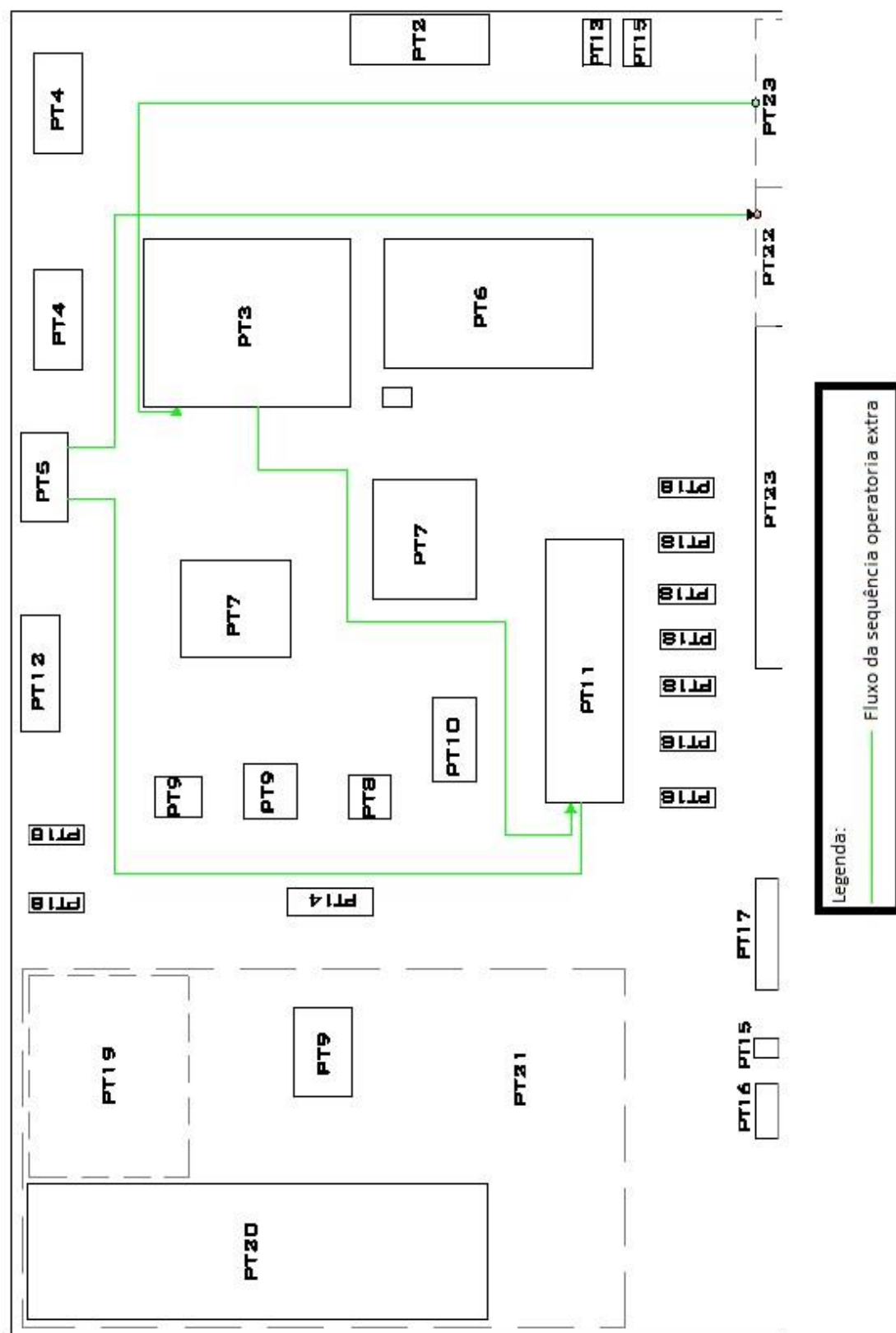


Figura 84 - Representação da sequência operatória extra

APÊNDICE III – ANÁLISES ABC

Tabela 32- Análise ABC por quantidades vendidas.

| Descrição | Consumo (un) | % Consumo | % Acumulada do Consumo | % Produto | % Acumulada do Produto | Análise |
|------------------------|--------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|---------|
| ME-SEP | 1052 | 23,15% | 23,15% | 2,70% | 2,70% | A |
| MAC CAC - MAC-0.9 1.85 | 543 | 11,95% | 35,10% | 2,70% | 5,41% | A |
| MRC-?-0.55 0.5 | 383 | 8,43% | 43,53% | 2,70% | 8,11% | A |
| MCO-0.4 1.2 | 275 | 6,05% | 49,58% | 2,70% | 10,81% | A |
| PTB-?-0.6 1.35 | 246 | 5,41% | 55,00% | 2,70% | 13,51% | A |
| PTC-?-0.6 0.6 | 178 | 3,92% | 58,91% | 2,70% | 16,22% | A |
| MB2-0.5 1.8 | 175 | 3,85% | 62,76% | 2,70% | 18,92% | A |
| MRM-0.55 0.63 | 150 | 3,30% | 66,07% | 2,70% | 21,62% | A |
| ME-FS-0.13 0.13 | 140 | 3,08% | 69,15% | 2,70% | 24,32% | A |
| PTD-0.55 0.575 | 140 | 3,08% | 72,23% | 2,70% | 27,03% | A |
| MV-A?-0.4 1.0 | 123 | 2,71% | 74,93% | 2,70% | 29,73% | A |
| MSAV-B-?-0.55 0.55 | 116 | 2,55% | 77,49% | 2,70% | 32,43% | A |
| PTA-?-0.6 1.35 | 114 | 2,51% | 80,00% | 2,70% | 35,14% | A |
| MCR-?-0.64 0.80 | 113 | 2,49% | 82,48% | 2,70% | 37,84% | B |
| MSAV-A?-0.55 0.55 | 90 | 1,98% | 84,46% | 2,70% | 40,54% | B |
| MM-0.6 1.5 | 89 | 1,96% | 86,42% | 2,70% | 43,24% | B |
| MT-0.45 0.45 | 86 | 1,89% | 88,31% | 2,70% | 45,95% | B |
| ME-SUP | 78 | 1,72% | 90,03% | 2,70% | 48,65% | B |
| MB1-0.5 0.9 | 76 | 1,67% | 91,70% | 2,70% | 51,35% | C |
| ME-A-0.8 1.5 | 42 | 0,92% | 92,63% | 2,70% | 54,05% | C |
| ME-B-0.925 1.5 | 38 | 0,84% | 93,46% | 2,70% | 56,76% | C |
| ME-P-0.8 1.4 | 36 | 0,79% | 94,26% | 2,70% | 59,46% | C |
| MB3-0.5 0.5 | 30 | 0,66% | 94,92% | 2,70% | 62,16% | C |
| ME-A-0.8 1.8 | 30 | 0,66% | 95,58% | 2,70% | 64,86% | C |
| ME-A-0.8 1.2 | 23 | 0,51% | 96,08% | 2,70% | 67,57% | C |
| MRD-?-0.55 0.55 | 23 | 0,51% | 96,59% | 2,70% | 70,27% | C |
| MM-SUPC | 22 | 0,48% | 97,07% | 2,70% | 72,97% | C |
| PTE-1.2 1.35 | 22 | 0,48% | 97,56% | 2,70% | 75,68% | C |
| ME-B-0.925 1.2 | 19 | 0,42% | 97,98% | 2,70% | 78,38% | C |
| PTD-1.2 1.35 | 19 | 0,42% | 98,39% | 2,70% | 81,08% | C |
| ME-B-0.925 1.8 | 17 | 0,37% | 98,77% | 2,70% | 83,78% | C |
| MCR-D1-0.64 0.80 | 16 | 0,35% | 99,12% | 2,70% | 86,49% | C |
| MM-0.6 1.95 | 13 | 0,29% | 99,41% | 2,70% | 89,19% | C |
| SP-55 | 8 | 0,18% | 99,58% | 2,70% | 91,89% | C |
| MV-AA?-0.4 1.0 | 8 | 0,18% | 99,76% | 2,70% | 94,59% | C |
| MV-C-0.2 1.2 | 7 | 0,15% | 99,91% | 2,70% | 97,30% | C |
| MV-B-0.24 1.0 | 4 | 0,09% | 100,00% | 2,70% | 100,00% | C |
| Total | 4544 | | | | | |

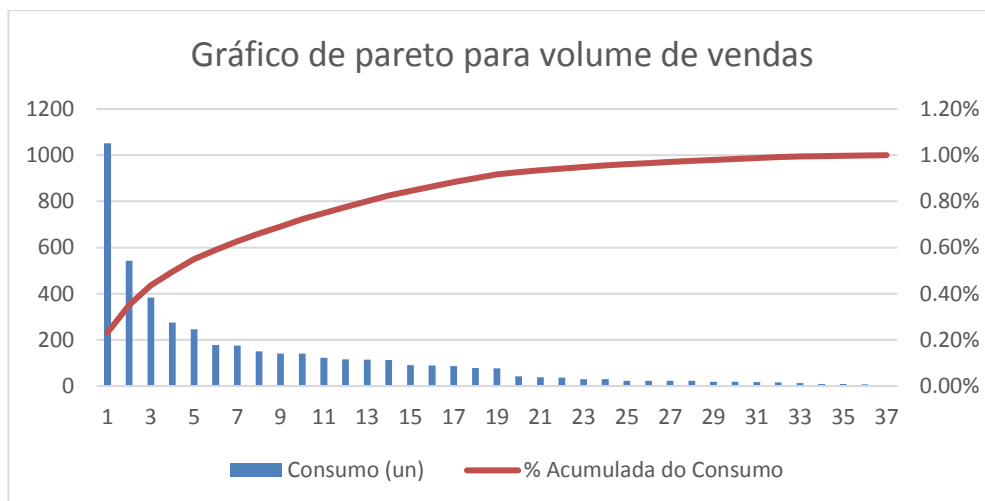


Figura 85 - Curva ABC por análise de quantidades vendidas.

Tabela 33 - Análise ABC por valor total de vendas.

| Descrição | Valor das vendas | % Consumo | % Acumulada do Consumo | % Produto | % Acumulada do Produto | Análise |
|------------------------|------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|---------|
| MAC CAC - MAC-0.9 1.85 | 554 539,50 € | 11,82% | 11,82% | 2,86% | 2,86% | A |
| MCO-0.4 1.2 | 209 000,00 € | 8,91% | 20,73% | 2,86% | 5,71% | A |
| MRC-D-0.55 0.5 | 166 605,00 € | 7,10% | 27,83% | 2,86% | 8,57% | A |
| MM-0.6 1.5 | 160 200,00 € | 6,83% | 34,66% | 2,86% | 11,43% | A |
| MB2-0.5 1.8 | 151 375,00 € | 6,45% | 41,11% | 2,86% | 14,29% | A |
| PTC-D-0.6 0.6 | 123 710,00 € | 5,27% | 46,39% | 2,86% | 17,14% | A |
| MV-A?-0.4 1.0 | 94 950,00 € | 4,05% | 50,43% | 2,86% | 20,00% | A |
| PTB-?-0.6 1.35 | 82 215,00 € | 3,50% | 53,94% | 2,86% | 22,86% | A |
| MCR-?-0.64 0.80 | 85 428,00 € | 3,64% | 57,58% | 2,86% | 25,71% | A |
| MSAV-B?-0.55 0.55 | 83 520,00 € | 3,56% | 61,14% | 2,86% | 28,57% | A |
| PTA-?-0.6 1.35 | 79 002,00 € | 3,37% | 64,51% | 2,86% | 31,43% | A |
| MSAV-A?-0.55 0.55 | 64 800,00 € | 2,76% | 67,27% | 2,86% | 34,29% | A |
| MT-0.45 0.45 | 51 170,00 € | 2,18% | 69,45% | 2,86% | 37,14% | B |
| MRM-0.55 0.63 | 45 600,00 € | 1,94% | 71,40% | 2,86% | 40,00% | B |
| ME-P-0.8 1.4 | 39 960,00 € | 1,70% | 73,10% | 2,86% | 42,86% | B |
| MB1-0.5 0.9 | 38 000,00 € | 1,62% | 74,72% | 2,86% | 45,71% | B |
| PTD-0.55 0.575 | 35 000,00 € | 1,49% | 76,21% | 2,86% | 48,57% | B |
| ME-A-0.8 1.5 | 30 870,00 € | 1,32% | 77,53% | 2,86% | 51,43% | B |
| ME-B-0.925 1.5 | 27 930,00 € | 1,19% | 78,72% | 2,86% | 54,29% | B |
| ME-A-0.8 1.8 | 26 775,00 € | 1,14% | 79,86% | 2,86% | 57,14% | C |
| ME-SEP | 26 300,00 € | 1,12% | 80,98% | 2,86% | 60,00% | C |
| MM-0.6 1.95 | 26 000,00 € | 1,11% | 82,09% | 2,86% | 62,86% | C |
| PTE-1.2 1.35 | 25 300,00 € | 1,08% | 83,17% | 2,86% | 65,71% | C |
| PTD-1.2 1.35 | 20 938,00 € | 0,89% | 84,06% | 2,86% | 68,57% | C |
| ME-B-0.925 1.8 | 17 850,00 € | 0,76% | 84,82% | 2,86% | 71,43% | C |
| ME-A-0.8 1.2 | 15 686,00 € | 0,67% | 85,49% | 2,86% | 74,29% | C |
| ME-B-0.925 1.2 | 12 578,00 € | 0,54% | 86,03% | 2,86% | 77,14% | C |
| MB3-0.5 0.5 | 11 850,00 € | 0,51% | 86,53% | 2,86% | 80,00% | C |
| MRD-?-0.55 0.55 | 11 385,00 € | 0,49% | 87,02% | 2,86% | 82,86% | C |
| MV-C-0.2 1.2 | 6 440,00 € | 0,27% | 87,29% | 2,86% | 85,71% | C |
| ME-SUP | 6 240,00 € | 0,27% | 87,56% | 2,86% | 88,57% | C |
| MV-AA?-0.4 1.0 | 5 360,00 € | 0,23% | 87,79% | 2,86% | 91,43% | C |
| ME-FS-0.13 0.13 | 4 480,00 € | 0,19% | 87,98% | 2,86% | 94,29% | C |
| MV-B-0.24 1.0 | 3 988,00 € | 0,17% | 88,15% | 2,86% | 97,14% | C |
| MM-SUPC | 770,00 € | 0,03% | 88,18% | 2,86% | 100,00% | C |
| Total | 2 345 814,50 € | | | | | |

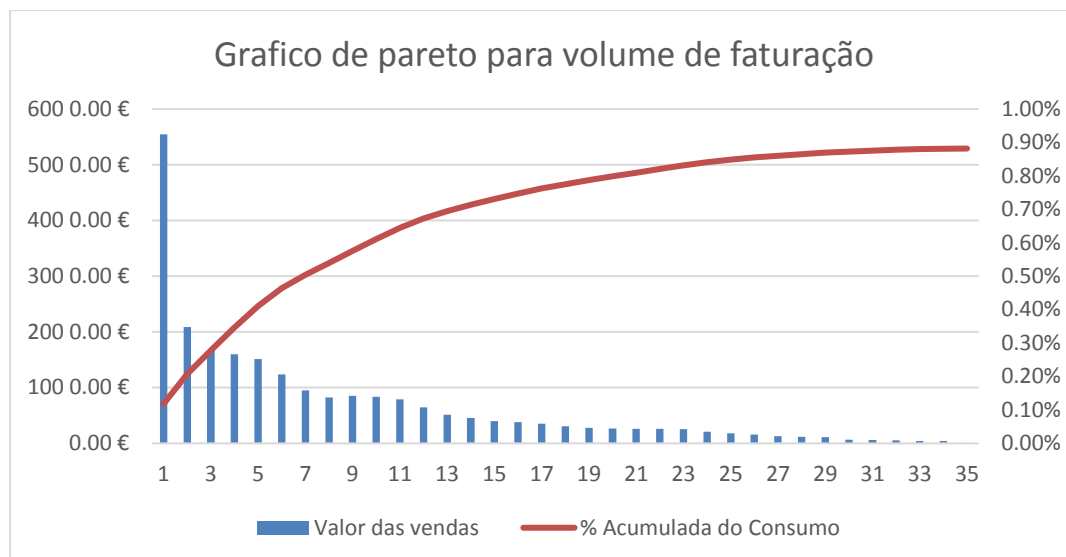


Figura 86 - Curva ABC por valor total de vendas.

APÊNDICE IV – DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DOS POSTOS DE TRABALHO

Pt3 – Seccionadora (primeira passagem)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

tmodular

engenharia e arte em madeira

| Diagrama nº: 1 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | | | | |
|---|---------------|----------------------------|-----------|----------|----------------------|---|-------|---|--------|
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | | Ganho | | |
| Medida: | | Operação | ○ | 0 | | | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | ⇒ | 2 | | | | | |
| Atividade: Pt3 - Seccionadora (corte) | | Controlo | □ | 0 | | | | | |
| | | Espera | D | 1 | | | | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 2 | | | | | |
| | | Total | | | | | | | |
| Operadores: EDUARDO MANUEL ARAUJO GONCALVES | | Distância (m) | | 17 | | | | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 102,3 | | | | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | | | | |
| Rui Gonçalves | 18/03/2019 | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | | | | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | | | | |
| | | Total | | - € | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Descrição | | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
| Colocar a placa MP na maquina de corte (seccionadora) | | 2 | 18,7 | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | N.A.V. |
| Ativar máquina e esperar pela execução | | | 17,0 | | | | | | A.V. |
| Retirar primeira placa cortada (desperdicio) | | 11 | 34,7 | | | | | | N.A.V. |
| Retirar segunda placa cortada | | 2 | 16,7 | | | | | | N.A.V. |
| Retirar terceira placa cortada | | 2 | 15,3 | | | | | | N.A.V. |

Figura 87 - Diagrama de sequência para o posto pt3 (primeira passagem)

Pt4 – Prensa

| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | | | <div>tmodular</div> <div>engenharia e arte em madeira</div> | | | | |
|---|--|---------------|--|----------------------------|-----------|----------|---|-------|---|---|--------|
| Diagrama nº: 2 | | Folha nº: 1/1 | | Resumo | | | | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho | | | |
| Medida: | | | | Operação | ○ | 4 | | | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | | | Transporte | ⇒ | 3 | | | | | |
| Atividade: Pt4 - Prensa (colagem) | | | | Controlo | □ | 3 | | | | | |
| | | | | Espera | D | 0 | | | | | |
| Localização: tmodular | | | | Armazenagem | ▽ | 0 | | | | | |
| | | | | Total | | | | | | | |
| Operadores:DOMINGOS ANIBAL SOARES RODRIGUES | | | | Distância (m) | | 8 | | | | | |
| Método: Atual / Proposto | | | | Tempo de processamento (s) | | 566,4 | | | | | |
| Diagrama por: | | Data: | | Custo | | | | | | | |
| Rui Gonçalves | | 20/03/2019 | | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | | | | |
| Aprovado por: | | Data: | | Material | | | | | | | |
| | | | | Total | | - € | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Descrição | | | | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
| | | | | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| Limpeza de placa | | | | | 17,3 | | | ● | | | N.A.V. |
| Transportar placa para a mesa | | | | 1 | 12,0 | | ● | | | | N.A.V. |
| Limpeza de placa | | | | | 28,7 | | | ● | | | N.A.V. |
| Espalhar cola sobre a placa | | | | | 137,7 | ● | | | | | A.V. |
| Colar folha de laminado | | | | 3 | 39,7 | ● | | | | | A.V. |
| Virar a placa do avesso | | | | | 14,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Limpeza de placa | | | | | 26,3 | | | ● | | | N.A.V. |
| Espalhar cola sobre a placa | | | | | 153,7 | ● | | | | | A.V. |
| Colar folha de laminado | | | | 3 | 43,0 | ● | | | | | A.V. |
| Levar à prensa | | | | 1 | 93,3 | | ● | | | | N.A.V. |

Figura 88 - Diagrama de sequência para o posto pt4

Pt3 – Seccionadora (segunda passagem)

Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento

tmodular

emprego e preço unitário

| | | | | | | |
|---|---------------|----------------------------|---|-------|----------------------|-------|
| Diagrama nº: 3 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho |
| Medida: | | Operação | ○ | 4 | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | ⇒ | 1 | | |
| Atividade: Pt3 - Seccionadora (corte) | | Controlo | □ | 0 | | |
| | | Espera | D | 4 | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 1 | | |
| | | Total | | | | |
| Operadores: EDUARDO MANUEL ARAUJO GONCALVES | | Distância (m) | | 4 | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 115,2 | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | |
| Rui Gonçalves | 18/03/2019 | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | |
| | | Total | | - € | | |

| Descrição | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
|--|---------------|-----------|----------|---|---|---|---|--------|
| | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| Colocar a placa na maquina | 2 | 16,6 | | ● | | | | N.A.V. |
| Ativar a maquina/Esperar pela execução | | 14,3 | | | | ● | | A.V. |
| Retirar desperdicio | | 4,0 | ● | | | | | N.A.V. |
| Ativar a maquina/Esperar pela execução (2º lado) | | 15,0 | | | | ● | | A.V. |
| Retirar desperdicio | | 3,0 | ● | | | | | N.A.V. |
| Girar a placa | | 12,0 | ● | | | | | N.A.V. |
| Ativar a maquina/Esperar pela execução (3º lado) | | 16,0 | | | | ● | | A.V. |
| Retirar desperdicio | | 4,0 | ● | | | | | N.A.V. |
| Ativar a maquina/Esperar pela execução (4º lado) | | 15,0 | | | | ● | | A.V. |
| Retirar placa para buffer | 2 | 15,3 | | | | | ● | N.A.V. |

Figura 89 - Diagrama de sequência para o posto pt3 (segunda passagem)

Pt6 – Máquina CNC






















| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | | |  | | | | |
|---|--|---------------|--|----------------------------|---|---|---|---|---|---|--------|
| Diagrama nº: 4 | | Folha nº: 1/1 | | Resumo | | | | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho | | | |
| Medida: | | | | Operação |  | 3 | | | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | | | Transporte |  | 1 | | | | | |
| Atividade: Pt6 - CNC (corte e maquinação) | | | | Controlo |  | 3 | | | | | |
| | | | | Espera |  | 2 | | | | | |
| Localização: tmodular | | | | Armazenagem |  | 1 | | | | | |
| | | | | Total | | | | | | | |
| Operadores:CARLOS JOAQUIM VEIGA TEIXEIRA | | | | Distância (m) | | 13 | | | | | |
| Método: Atual / Proposto | | | | Tempo de processamento (s) | | 863,0 | | | | | |
| Diagrama por: | | Data: | | Custo | | | | | | | |
| Rui Gonçalves | | 26/03/2019 | | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | | | | |
| Aprovado por: | | Data: | | Material | | | | | | | |
| | | | | Total | | - € | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Descrição | | | | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
| | | | | | |  |  |  |  |  | |
| Transporte de uma placa para a máquina | | | | 2 | 28,0 | |  | | | | N.A.V. |
| Limpeza da máquina | | | | | 14,7 | | |  | | | N.A.V. |
| Selecionar primeiro desenho de corte | | | | | 13,3 |  | | | | | N.A.V. |
| Ativar Máq/ Esperar pelo fim da execução | | | | | 603,7 | | | |  | | A.V. |
| Limpeza da Máquina | | | | | 27,0 | | |  | | | N.A.V. |
| Selecionar segundo desenho de corte | | | | | 11,7 |  | | | | | N.A.V. |
| Ativar Máq/ Esperar pelo fim da execução | | | | | 104,3 | | | |  | | A.V. |
| Limpeza da Máquina | | | | | 4,0 | | |  | | | N.A.V. |
| Transporte para o buffer | | | | 11 | 14,3 | | | | |  | N.A.V. |
| Colocação das calhas de aluminio | | | | | 42 |  | | | | | A.V. |

Figura 90 - Diagrama de sequência para o posto pt6

Pt11 – Máquina Orladora

| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | | | tmodular engenharia e arte em madeira | |
|--|---------------|----------------------------|----------|-------|----------------------|-------|---|--------|
| Diagrama nº: 5 | Folha nº: 1/1 | Resumo | | | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho | | |
| Medida: | | Operação | ○ | 4 | | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | Transporte | ⇒ | 4 | | | | |
| Atividade: Pt11 - Orladora (orlar laterais) | | Controlo | □ | 0 | | | | |
| | | Espera | D | 8 | | | | |
| Localização: tmodular | | Armazenagem | ▽ | 1 | | | | |
| | | Total | | | | | | |
| Operadores: FRANCISCO PAULO GOMES DE ABREU | | Distância (m) | | 16,7 | | | | |
| Método: Atual / Proposto | | Tempo de processamento (s) | | 344,0 | | | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | | | |
| Rui Gonçalves | 27/03/2019 | Mão-de-obra | | | custo operador/ciclo | | | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | | | |
| | | Total | | - € | | | | |
| | | | | | | | | |
| Descrição | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
| | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| Transporte para a maquina | 1 | 11,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Processamento da maquina | | 27,0 | | | | ● | | A.V. |
| Percurso em tapete | | 18,3 | | | | ● | | N.A.V. |
| 1º corte manual mais ajustes (largura) (motor da orladora estragado) | | 29,0 | ● | | | | | A.V. |
| Transporte do tapete para a maquina | 1 | 11,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Processamento da maquina | | 27,0 | | | | ● | | A.V. |
| Percurso em tapete | | 18,3 | | | | ● | | N.A.V. |
| 2º corte manual mais ajustes (comprimento) | | 29,0 | ● | | | | | A.V. |
| Transporte do tapete para a maquina | 1 | 11,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Processamento da maquina | | 27,0 | | | | ● | | A.V. |
| Percurso em tapete | | 18,3 | | | | ● | | N.A.V. |
| 3º corte manual mais ajustes (largura) | | 29,0 | ● | | | | | A.V. |
| Transporte do tapete para a maquina | 1 | 11,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Processamento da maquina | | 27,0 | | | | ● | | A.V. |
| Percurso em tapete | | 18,3 | | | | ● | | N.A.V. |
| 4º corte manual mais ajustes (comprimento) | | 29,0 | ● | | | | | A.V. |
| Transporte final para a zona de montagem | 12,7 | 19 | | | | | ● | N.A.V. |

Figura 91 - Diagrama de sequência para o posto pt11

Pt18 – Mesa de montagem


| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | |  | | | | |
|---|---------------|------------|----------------------------|-----------|----------------------|---|-------|------|---|--------|
| Diagrama nº: 6 | Folha nº: 1/1 | | Resumo | | | | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho | | | |
| Medida: | | | Operação | ○ | 8 | | | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | | Transporte | ⇒ | 3 | | | | | |
| Atividade: Pt18 - Montagem | | | Controlo | □ | 2 | | | | | |
| | | | Espera | ▷ | 0 | | | | | |
| Localização: tmodular | | | Armazenagem | ▽ | 1 | | | | | |
| | | | Total | | | | | | | |
| Operadores:DOMINGOS ANIBAL SOARES RODRIGUES | | | Distância (m) | | 6 | | | | | |
| Método: Atual / Proposto | | | Tempo de processamento (s) | | 618,7 | | | | | |
| Diagrama por: | | Data: | Custo | | | | | | | |
| Rui Gonçalves | | 28/03/2019 | Mão-de-obra | | custo operador/ciclo | | | | | |
| Aprovado por: | | Data: | Material | | | | | | | |
| | | | Total | | - € | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Descrição | | | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | Obs. | | |
| | | | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| Transporte da placa | | | 2 | 27,7 | | ● | | | | N.A.V. |
| Limpeza | | | | 21,0 | | | ● | | | N.A.V. |
| Colagem | | | | 42,0 | ● | | | | | A.V. |
| Tirar fita-cola e colar aro | | | | 54,7 | ● | | | | | N.A.V. |
| Colocar fita-cola | | | | 107,7 | ● | | | | | A.V. |
| Tirar plastico da moldura de aluminio | | | | 65,0 | ● | | | | | N.A.V. |
| Transporte da moldura | | | 2 | 27,3 | | ● | | | | N.A.V. |
| Pôr talas para centrar placas dentro da moldura de aluminio | | | | 73,3 | ● | | | | | N.A.V. |
| Virar conjunto | | | | 9,3 | | ● | | | | N.A.V. |
| Aparafusar a placa à moldura | | | | 105,7 | ● | | | | | A.V. |
| Colar fio c/ fita | | | | 19,7 | ● | | | | | N.A.V. |
| Retirar talas | | | | 22,7 | ● | | | | | N.A.V. |
| Limpeza final | | | | 21,7 | | | ● | | | N.A.V. |
| Transporte para buffer | | | 2 | 21,0 | | | | | ● | N.A.V. |

Figura 92 - Diagrama de sequência para o posto pt18

Pt19 – Eletrificação


| Diagrama de Sequência Executante / Material / Equipamento | | | | | |  | | |
|---|---------------|-------------|----------------------------|----------------------|-------|---|-------|--------|
| Diagrama nº: 7 | Folha nº: 1/1 | | Resumo | | | | | |
| Produto: MAC 0.9 1.85 | | | Atividades | | Atual | Proposto | Ganho | |
| Medida: | | | Operação | ○ | 3 | | | |
| Artigo nº: 5.2 | | | Transporte | ⇒ | 1 | | | |
| Atividade: Pt19 - Eletrificação | | | Controlo | □ | 0 | | | |
| | | | Espera | D | 0 | | | |
| Localização: tmodular | | | Armazenagem | ▽ | 1 | | | |
| | | | Total | | | | | |
| Operadores: ROBERTO SILVA | | | Distância (m) | | 3 | | | |
| Método: Atual / Proposto | | | Tempo de processamento (s) | | 347,0 | | | |
| Diagrama por: | Data: | Custo | | | | | | |
| Rui Gonçalves | 28/03/2019 | Mão-de-obra | | custo operador/ciclo | | | | |
| Aprovado por: | Data: | Material | | | | | | |
| | | Total | | - € | | | | |
| | | | | | | | | |
| Descrição | Distância (m) | Tempo (s) | Símbolos | | | | | Obs. |
| | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| Colocar peça de plástico central | | 18,3 | ● | | | | | A.V. |
| Colocar tomada | | 71,3 | ● | | | | | A.V. |
| Virar placa | | 20,0 | | ● | | | | N.A.V. |
| Colocar transformador (para o led) | | 237,3 | ● | | | | | A.V. |
| Armazenar | 3 | 9 | | | | | ● | N.A.V. |

Figura 93 - Diagrama de sequência para o posto pt19

APÊNDICE V – ESTUDO ERGONÓMICO REALIZADO NA SECCIONADORA (PT3)

Utilizando o método REBA realizou-se uma análise ergonômica ao operador da seccionadora. O estudo foi feito sobre duas posições de risco identificadas para a atividade no pt3. A primeira posição estudada pode ser observada na Figura 94.



Figura 94 - Posição 1 para avaliação

Esta ação corresponde ao levantar da placa do *buffer* para a extremidade da mesa de corte da seccionadora. Na Tabela 34 encontra-se a análise REBA para a postura adotada e na Tabela 35 os resultados finais:

Tabela 34 - Análise REBA à posição 1

| Grupo | Parâmetro | Descrição | Extra | Pontuação |
|-------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|
| A | A1 - Tronco | 0 a 20° de flexão | - | 2 |
| | A2 - Pescoço | 0 a 20° de flexão | Torção lateral | 1 + 1 = 2 |
| | A3 - Pernas | Peso unilateral/ postura instável | Joelhos fletidos entre 30 e 60° | 2 + 1 = 3 |
| - | Carga | Mais do que 10 Kg | - | 2 |
| B | B1 - Braços | Até 20° de extensão | - | 1 |
| | B2 - Antebraços | Menos de 60° de flexão | - | 2 |
| | B3 - Pulsos | Mais do que 15° de extensão | - | 2 |
| - | Ligação | Pega aceitável, mas não ideal | - | 1 |

Tabela 35 - Resultados da análise REBA à 1ª posição

| Resultados | Pontuação | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Grupo A + Peso (Quadro A) | 7 | | | | |
| Grupo B + Ligação (Quadro B) | 3 | Pontuação da atividade | Nível de ação | Nível de risco | Ação recomendada |
| Quadro C (resultado final) | 7 | 0 | 2 (de 4) | Médio | Necessária a médio prazo |

A segunda posição estudada pode ser observada na Figura 95.



Figura 95 - Posição 2 para avaliação

Esta ação corresponde ao arrastar da placa do *buffer* para cima da mesa de corte da seccionadora. Na Tabela 36 encontra-se a análise REBA para a postura adotada e na Tabela 37 os resultados finais:

Tabela 36 - Análise REBA à posição 2

| Grupo | Parâmetro | Descrição | Extra | Pontuação |
|-------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------|
| A | A1 - Tronco | 0 a 20° de flexão | - | 2 |
| | A2 - Pescoço | 0 a 20° de flexão | Torção lateral | 1 + 1 = 2 |
| | A3 - Pernas | Postura instável | Joelhos fletidos entre 30 e 60° | 2 + 1 = 3 |
| - | Carga | Mais do que 10 Kg | - | 2 |
| B | B1 - Braços | Até 20° de extensão | - | 1 |
| | B2 - Antebraços | 60 a 100° de extensão | - | 1 |
| | B3 - Pulsos | De 15° de extensão a 15° de inflexão | - | 1 |
| - | Ligação | Pega aceitável, mas não ideal | - | 1 |

Tabela 37 - Resultados da análise REBA à 2ª posição

| Resultados | Pontuação | | | | |
|-------------------------------------|-----------|------------------------|---------------|----------------|--------------------------|
| Grupo A + Peso (Quadro A) | 7 | | | | |
| Grupo B + Ligação (Quadro B) | 2 | Pontuação da atividade | Nível de ação | Nível de risco | Ação recomendada |
| Quadro C (resultado final) | 7 | 0 | 2 (de 4) | Médio | Necessária a médio prazo |

APÊNDICE VI – AMOSTRAGEM DO TRABALHO

Para determinar os desperdícios associados à mão de obra e a percentagem de ocupação de tempo de cada trabalhador deste sistema operativo foi realizada uma amostragem do trabalho. Foi necessário preencher uma tabela de observações com as atividades desempenhadas pelos operadores, tanto as que apresentam valor acrescentado como as outras. As atividades que não acrescentam valor podem surgir por diversas razões e são por isso o motivo do maior número de categorias consideradas. Assim foram consideradas as seguintes oito atividades:

- Movimentação
- Transporte
- Ajudar noutras tarefas
- Ler documentos/ desenhos técnicos
- Esperas
- Limpar máquina/ manutenção
- Outra/ Não acrescenta valor
- Processamento/ Acrescenta valor

Algumas das atividades aglutinam situações funcionalmente diferentes (como “limpar máquina/ manutenção”) para que se adequem a determinados postos.

A Tabela 38 representa a tipologia de tabela utilizada para contabilizar as atividades observadas. Foram efetuadas 30 observações para cada posto, num exercício efetuado de modo não sistemático, ou seja, com as amostras retiradas em momentos aleatórios, mas sempre efetuadas do mesmo local de observação.

Tabela 38- Exemplo de tabela usada para a observação do posto de montagem (pt18)

| Obs. | Data | Hora | Movimentação | Transporte | Ler documentos | Ajudar noutra tarefa | Processamento / Ac. Valor | Outra / N. Ac. Valor | Apurar ferramentas |
|------|------------|----------|--------------|------------|----------------|----------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | 24/04/2019 | 11:39:00 | | | | | 1 | | |
| 2 | 24/04/2019 | 11:39:00 | | | | | 1 | | |
| 3 | 24/04/2019 | 11:39:00 | | | | | 1 | | |
| 4 | 24/04/2019 | 11:39:00 | | | | | | 1 | |
| 5 | 24/04/2019 | 11:39:00 | | | | | | | 1 |
| 6 | 24/04/2019 | 14:41:00 | | | | | 1 | | |
| 7 | 24/04/2019 | 14:41:00 | | | | | | 1 | |
| 8 | 24/04/2019 | 14:41:00 | | | | | 1 | | |
| 9 | 24/04/2019 | 14:41:00 | | | | | 1 | | |
| 10 | 24/04/2019 | 14:41:00 | | | | | 1 | | |
| 11 | 24/04/2019 | 15:18:00 | 1 | | | | | | |
| 12 | 24/04/2019 | 15:18:00 | | 1 | | | | | |
| 13 | 24/04/2019 | 15:18:00 | | | | | 1 | | |
| 14 | 24/04/2019 | 15:18:00 | | | | | 1 | | |
| 15 | 24/04/2019 | 15:18:00 | | | | | 1 | | |
| 16 | 29/04/2019 | 13:35:00 | | | | | | 1 | |
| 17 | 29/04/2019 | 13:35:00 | | | | | 1 | | |
| 18 | 29/04/2019 | 13:35:00 | | | | | | 1 | |
| 19 | 29/04/2019 | 13:35:00 | | | | | 1 | | |
| 20 | 29/04/2019 | 13:35:00 | | | | | 1 | | |
| 21 | 29/04/2019 | 13:50:00 | | | | | 1 | | |
| 22 | 29/04/2019 | 13:50:00 | | | | | | 1 | |
| 23 | 29/04/2019 | 13:50:00 | | | | | 1 | | |
| 24 | 29/04/2019 | 13:50:00 | | | | | 1 | | |
| 25 | 29/04/2019 | 13:50:00 | 1 | | | | | | |
| 26 | 30/04/2019 | 11:22:00 | | | | | 1 | | |
| 27 | 30/04/2019 | 11:22:00 | | | | | 1 | | |
| 28 | 30/04/2019 | 11:22:00 | | | | | 1 | | |
| 29 | 30/04/2019 | 11:22:00 | | | | | 1 | | |
| 30 | 30/04/2019 | 11:22:00 | | | | | 1 | | |
| | | | 2 | 1 | 0 | 0 | 21 | 5 | 1 |

A junção dos dados de todas as observações efetuadas para cada posto é sintetizada na Tabela 39:

Tabela 39 - Síntese dos resultados obtidos para a amostragem do trabalho

| | Movimentação | | Transporte | | Ler documentos/ desenhos | | Ajudar noutras tarefas | | Processamento / Ac. Valor | | Outra / N. Ac. Valor | | Esperas | | Limpar a máquina/ manutenção | | Total de obs. |
|----------------------|--------------|-----|------------|-----|--------------------------|-----|------------------------|-----|---------------------------|-----|----------------------|-----|------------|-----|------------------------------|-----|---------------|
| | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | Valor abs. | % | X |
| Prensa (Pt4) | 2 | 7% | 3 | 10% | 0 | 0% | 3 | 10% | 20 | 67% | 2 | 7% | 0 | 0% | 0 | 0% | 30 |
| Seccionadora (Pt3) | 6 | 20% | 8 | 27% | 1 | 3% | 1 | 3% | 4 | 13% | 7 | 23% | 3 | 10% | 0 | 0% | 30 |
| CNC (Pt6) | 0 | 0% | 4 | 13% | 5 | 17% | 2 | 7% | 10 | 33% | 0 | 0% | 7 | 23% | 2 | 7% | 30 |
| Esquadrejadora (Pt7) | 3 | 10% | 9 | 30% | 1 | 3% | 0 | 0% | 14 | 47% | 1 | 3% | 0 | 0% | 2 | 7% | 30 |
| Montagem (Pt18) | 2 | 7% | 1 | 3% | 0 | 0% | 0 | 0% | 21 | 70% | 5 | 17% | 0 | 0% | 1 | 3% | 30 |
| Oriadora (Pt11) | 0 | 0% | 6 | 20% | 0 | 0% | 1 | 3% | 15 | 50% | 2 | 7% | 0 | 0% | 6 | 20% | 30 |
| Total abs. | 13 | | 31 | | 7 | | 7 | | 84 | | 17 | | 10 | | 11 | | |

APÊNDICE VII – FOLHA DE CONTAGEM DE MOVIMENTAÇÕES DO PRODUTO

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| Ficha de contagem | | | | | | |
| (lotes* transferidos entre secções) | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Semana da recolha: De ____ / ____ / 2019 a ____ / ____ / 2019 | | | | | | |
| Máquina/ Secção da recolha: _____ | | | | | | |

Artigos: _____

G.O. Identificativas: _____

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Lotes para a Prensa: | Lotes para a CNC: | Lotes para a Esquadrejadora: | Lotes para a Orladora: | Lotes para a Montagem: | Lotes para a Topia: | Outro |
| | | | | | | |

Artigos: _____

G.O. Identificativas: _____

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Lotes para a Prensa: | Lotes para a CNC: | Lotes para a Esquadrejadora: | Lotes para a Orladora: | Lotes para a Montagem: | Lotes para a Topia: | Outro |
| | | | | | | |

Artigos: _____

G.O. Identificativas: _____

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Lotes para a Prensa: | Lotes para a CNC: | Lotes para a Esquadrejadora: | Lotes para a Orladora: | Lotes para a Montagem: | Lotes para a Topia: | Outro |
| | | | | | | |

Artigos: _____

G.O. Identificativas: _____

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Lotes para a Prensa: | Lotes para a CNC: | Lotes para a Esquadrejadora: | Lotes para a Orladora: | Lotes para a Montagem: | Lotes para a Topia: | Outro |
| | | | | | | |

Artigos: _____

G.O. Identificativas: _____

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Lotes para a Prensa: | Lotes para a CNC: | Lotes para a Esquadrejadora: | Lotes para a Orladora: | Lotes para a Montagem: | Lotes para a Topia: | Outro |
| | | | | | | |

*Lote = carrinho ou palete transferido para a secção seguinte.

Figura 96 - Folha de registo de fluxos

APÊNDICE VIII – LAYOUTS PROPOSTOS PARA A REORGANIZAÇÃO DA CARPINTARIA

Proposta 0



Figura 97 - Proposta 0, Piso 1 (Rodada 90° para a direita)

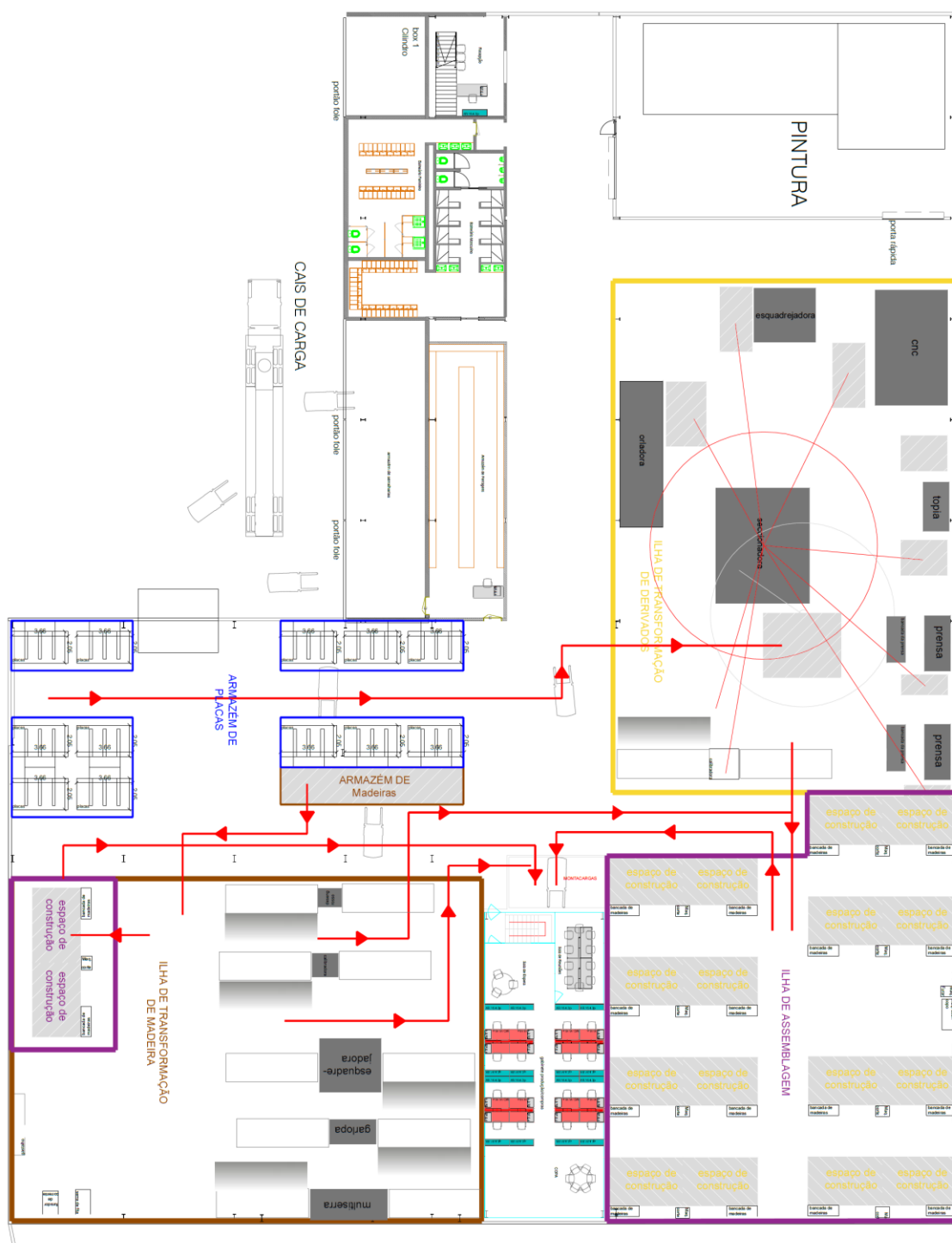


Figura 98 - Proposta 0, Piso 0 (Rodada 90° para a direita)

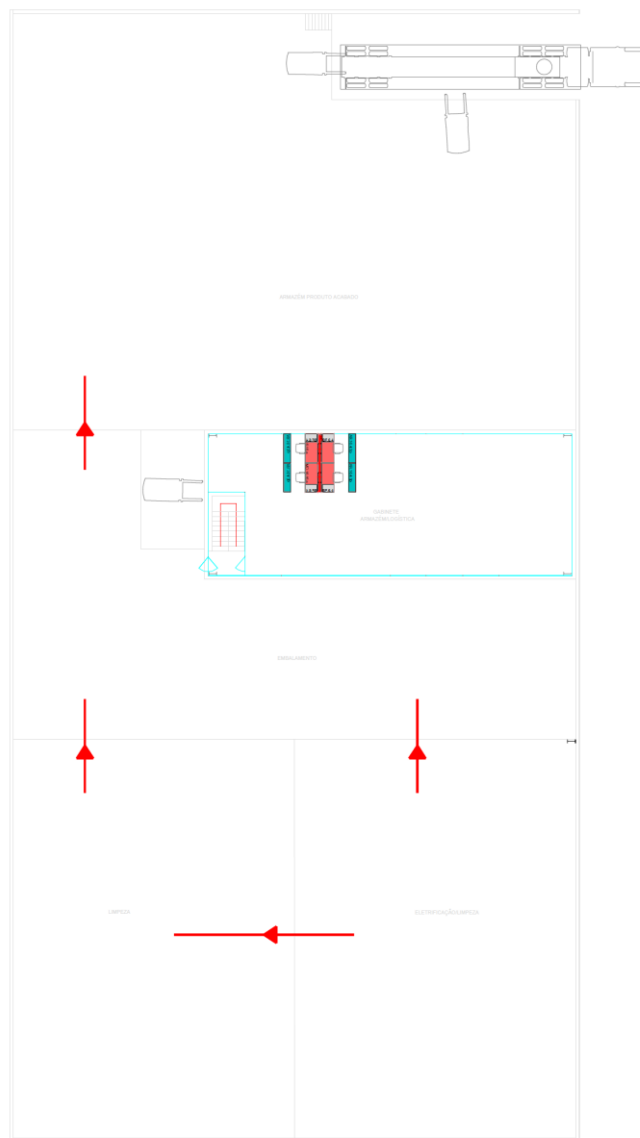


Figura 99 - Proposta 0, Piso -1

Proposta 1



Figura 100 - Proposta 1, Piso 1 (Rodada 90° para a direita)

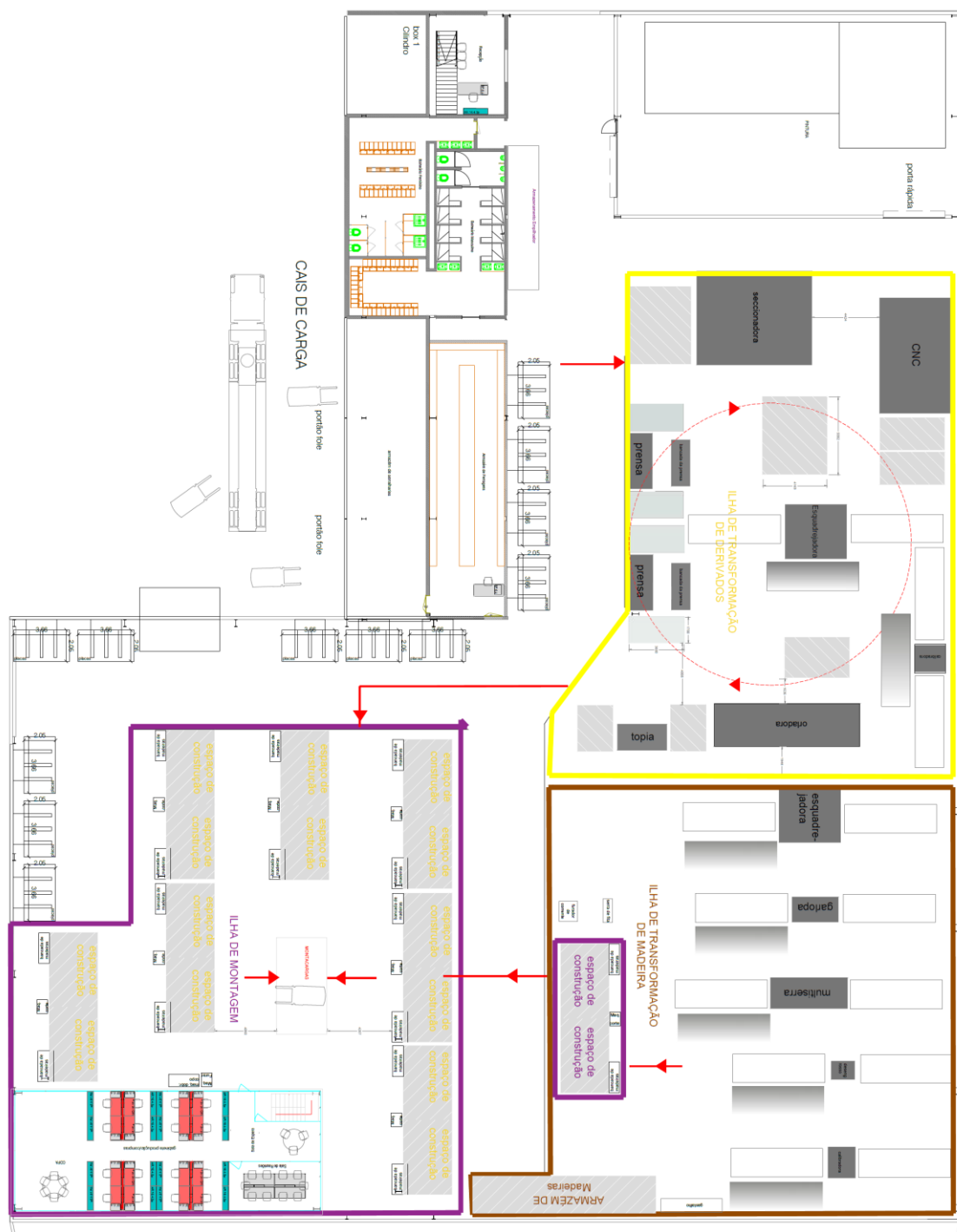


Figura 101 - Proposta 1, Piso 0 (Rodada 90° para a direita)

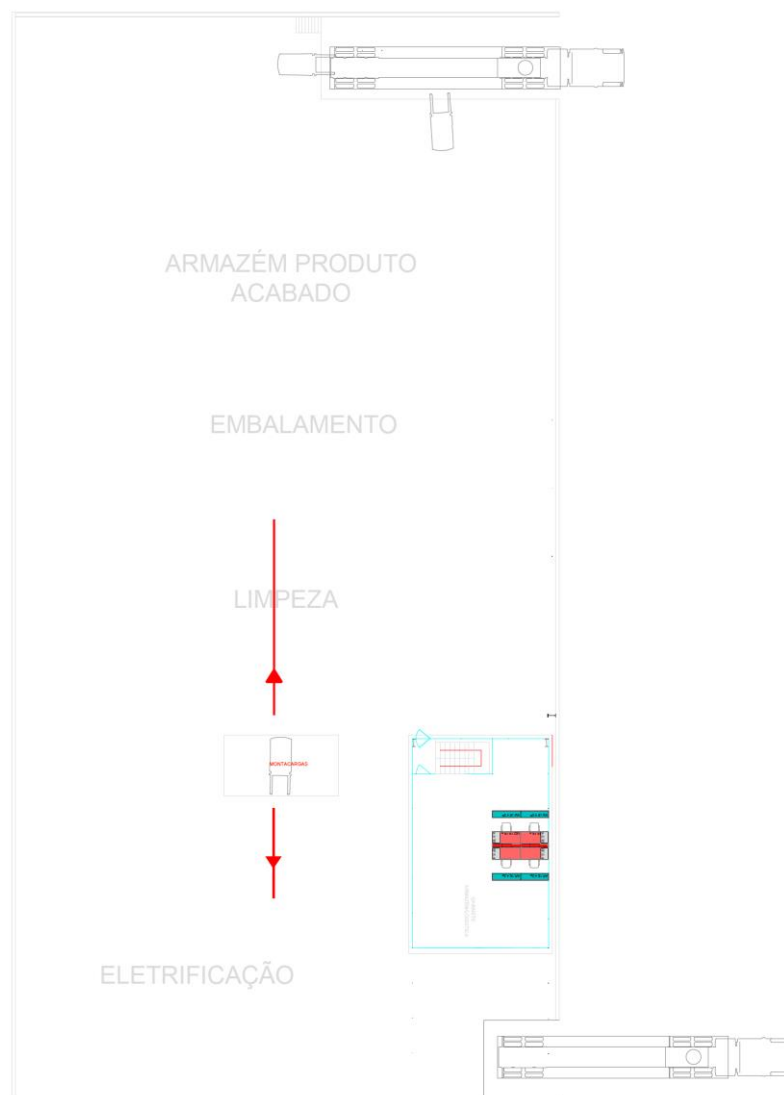


Figura 102 - Proposta 1, Piso -1

Proposta 2

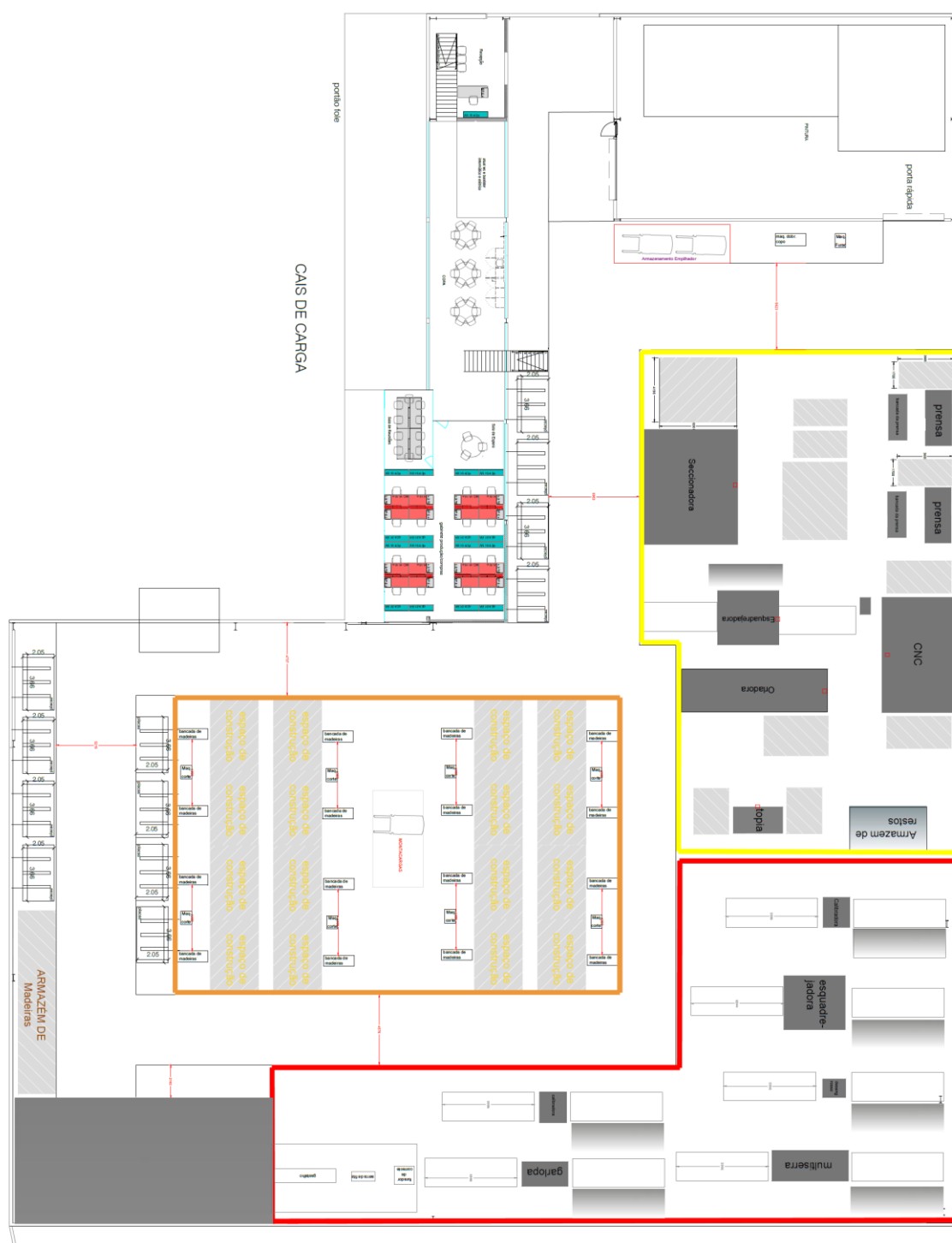


Figura 103 - Proposta 2, Piso 1 (Rodada 90° para a direita)

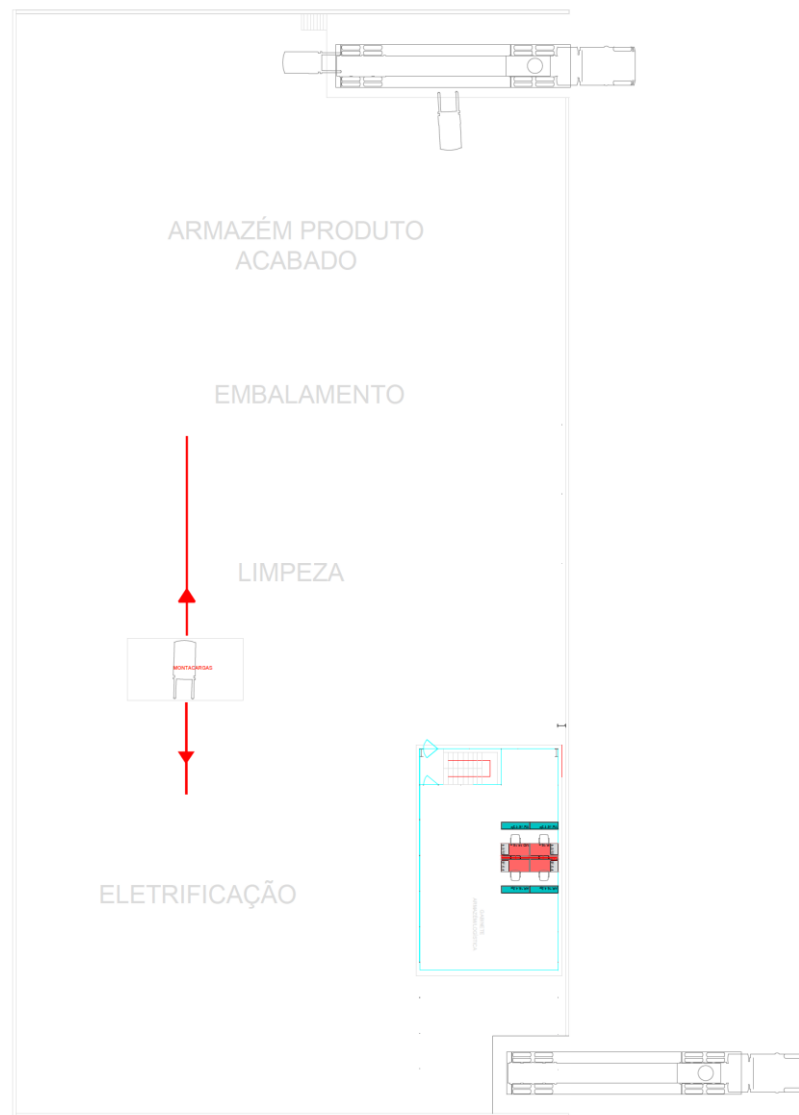


Figura 105 - Proposta 2, Piso -1

APÊNDICE IX – AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DE *CRAFT*

Avaliação do *layout* atual

Como termo de comparação pelo método de *CRAFT* para as novas propostas de *layout* é importante perceber o custo e a distância total percorrida no *layout* atual. A matriz para as distâncias percorridas atualmente está representada na Tabela 40.

Tabela 40 - Distância percorrida entre diferentes setores

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 53 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 9,4 | 10,3 | 8,7 | 26,3 | | | |
| Prensa | | 9,4 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 6,4 | 19,1 | | 18,5 | |
| Esquad. | | | | | | | | 12,5 | |
| Orladora | | | | 19,1 | 13,6 | | 31,5 | 3,3 | |
| Topia | | | | | | | | | 33 |
| Montagem | | | | | | | | | |

A cada uma das interações entre postos observada, para as quais as distâncias se encontram refletidas na Tabela 40, é realizada a multiplicação pela frequência absoluta dada pela Tabela 19 da secção 5.1.4.1 obtendo-se a Tabela 41.

Tabela 41 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 1696 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 18,8 | 30,9 | | 552,3 | | | |
| Prensa | | 18,8 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 76,8 | 114,6 | | 277,5 | |
| Esquad. | | | | | | | | 262,5 | |
| Orladora | | | | 191 | 40,8 | | 94,5 | 9,9 | |
| Topia | | | | | | | | | 99 |
| Montagem | | | | | | | | | |

Aplicando o custo médio de 0,00258€ por metro percorrido e tendo em conta o percurso de ida e volta do colaborador, o resultado para o CMM encontra-se no cálculo seguinte:

$$CMM = (1696 + 18,8 + 30,9 + 552,3 + 18,8 + 76,8 + 114,6 + 277,5 + 262,5 + 191 + 40,8 + 94,5 + 9,9 + 99) * 0,00258 * 2 = 18 \text{ € (por 2 semanas)} = 1,8 \text{ € (por dia)}$$

Avaliação do layout da proposta 0

A matriz para as distâncias percorridas na proposta 0 está representada na Tabela 42.

Tabela 42 - Distância percorrida entre diferentes setores na proposta 0

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 33 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 13 | 16,9 | 15,5 | 21,8 | | | |
| Prensa | | 13 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 5,7 | 17,1 | | 36,7 | |
| Esquad. | | | | | | | | 36 | |
| Orladora | | | | 17,1 | 15,8 | | 26,7 | 36,5 | |
| Topia | | | | | | | | | 33 |
| Montagem | | | | | | | | | |

A cada uma das interações entre postos observada, para as quais as distâncias se encontram refletidas na Tabela 42, é novamente realizada a multiplicação pela frequência absoluta dada pela Tabela 19 da secção 5.1.4.1 obtendo-se a Tabela 43.

Tabela 43 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM na proposta 0

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 1056 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 26 | 50,7 | | 457,8 | | | |
| Prensa | | 26 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 68,4 | 102,6 | | 550,5 | |
| Esquad. | | | | | | | | 756 | |
| Orladora | | | | 171 | 47,4 | | 80,1 | 109,5 | |
| Topia | | | | | | | | | 99 |
| Montagem | | | | | | | | | |

Aplicando o custo médio de 0,00258€ por metro percorrido e tendo em conta o percurso de ida e volta do colaborador, o resultado para o CMM encontra-se na equação seguinte:

$$CMM = (1066 + 26 + 50,7 + 457,8 + 26 + 68,4 + 102,6 + 550,5 + 756 + 171 + 47,4 + 80,1 + 109,5 + 99) * 0,00258 * 2 = 18,6 \text{ € (por 2 semanas)} = 1,86 \text{ € (por dia)}$$

Avaliação do layout da proposta 1

A matriz para as distâncias percorridas na proposta 1 está representada na Tabela 44.

Tabela 44 - Distância percorrida entre diferentes setores na proposta 1

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 14,2 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 12,8 | 8,8 | 16 | 30,2 | | | |
| Prensa | | 12,8 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 13 | 25,1 | | 56,7 | |
| Esquad. | | | | | | | | 43,1 | |
| Orladora | | | | 25,1 | 13,6 | | 17,1 | 32 | |
| Topia | | | | | | | | | 34,6 |
| Montagem | | | | | | | | | |

A cada uma das interações entre postos observada, para as quais as distâncias se encontram refletidas na Tabela 44, é uma vez mais realizada a multiplicação pela frequência absoluta dada pela Tabela 19 da secção 5.1.4.1 obtendo-se a Tabela 45.

Tabela 45 - Matriz auxiliar ao cálculo do CMM na proposta 1

| | Armazem | Seccionadora | Prensa | CNC | Esquad. | Orladora | Topia | Montagem | Embal. |
|--------------|---------|--------------|--------|------|---------|----------|-------|----------|--------|
| Armazem | | 454,4 | | | | | | | |
| Seccionadora | | | 25,6 | 26,4 | | 634,2 | | | |
| Prensa | | 25,6 | | | | | | | |
| CNC | | | | | 156 | 150,6 | | 850,5 | |
| Esquad. | | | | | | | | 905,1 | |
| Orladora | | | | 251 | 40,8 | | 51,3 | 96 | |
| Topia | | | | | | | | | 103,8 |
| Montagem | | | | | | | | | |

Aplicando o custo médio de 0,00258€ por metro percorrido e tendo em conta o percurso de ida e volta do colaborador, o resultado para o CMM encontra-se na equação seguinte:

$$CMM = (454,4 + 25,6 + 26,4 + 634,2 + 25,6 + 156 + 150,6 + 850,5 + 905,1 + 251 + 40,8 + 51,3 + 96 + 103,8) * 0,00258 * 2 = 19,5 \text{ € (por 2 semanas)} = 1,95 \text{ € (por dia)}$$

APÊNDICE X – AUDITORIA 5S PROPOSTA PARA O ARMAZÉM DE FERRAGENS

Modelo da página de resumo dos resultados da auditoria

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

5S Formulário de auditoria

Data da auditoria:

Auditor:

Zona auditada: Armazem de ferragens tmodular

Classificar (Seiri)

Disciplinar (Shitsuke)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Sair e guardar

| Id | 5S | Definição | Pontos | Auditorias Previas | | | | | | Objetivo |
|--------------|------------------------|---|--------|--------------------|---|---|---|---|---|----------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| S1 | Classificar (Seiri) | "Separar o necessário do não necessário" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| S2 | Ordenar (Seiton) | "Um sitio para cada coisa e cada coisa no seu sitio" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| S3 | Limpar (Seiso) | "Limpar o posto de trabalho e prevenir a sujidade e a desordem" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| S4 | Padronizar (Seiketsu) | "Formulação de normas para consolidar a execução dos 3 primeiros S" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| S5 | Disciplinar (Shitsuke) | "Respeitar as normas estabelecidas" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| Pontuação 5S | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |

Conclusão:

Auditoria chumbada

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Classificar (Seiri)

Ordenar (Seiton)

Limpar (Seiso)

Padronizar (Seiketsu)

Disciplinar (Shitsuke)

Figura 106 - Folha modelo para síntese de resultados (atuais e passados)

150

Formulário da auditoria ao 1º Senso - Seiri

| | A | B | C | D |
|----|--|--|--------------------------|---|
| 1 | " Separar o necessario do não necessário" | | | |
| 2 | Id | S1=Seiri=Classificar | Sim | Observações, comentários, sugestões de melhoria no ambito do S1 |
| 3 | 1 | Há coisas inúteis que podem prejudicar o bom funcionamento do trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | 2 | Há materias primas, semi acabados ou residuos em torno do local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | 3 | Existe algum tipo de ferramenta, parafuso, peça de reposição ou similar no local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | 4 | Todos os objetos de uso frequente estão ordenados, guardados e corretamente identificados, à volta do local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | 5 | Todos os objetos de medição estão corretamente armazenados e identificados à volta do local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | 6 | Não existem objetos desnecessários debaixo das bancadas (caixas de papelão, etc.) | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | 7 | Todo o mobiliário à volta do local de trabalho está bem localizado e identificado? | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | 8 | Existe maquinaria inutilizada em torno do local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | 9 | Existem outros elementos inutilizados à volta do local de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | 10 | Os elementos não necessários estão identificados como tal? | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | Pontuação | | 5 | S1 não implementado |

Figura 107 - Questões utilizadas para auditoria ao 1º Senso

Código em VBA usado para o formulário da auditoria do 1º Senso

```
Private Sub CheckBox1_Click()  
If CheckBox1.Value = True Then  
Range("E3").Value = 0  
Else  
Range("E3").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()  
If CheckBox2.Value = True Then  
Range("E4").Value = 0  
Else  
Range("E4").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()  
If CheckBox3.Value = True Then  
Range("E5").Value = 0  
Else  
Range("E5").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()  
If CheckBox4.Value = True Then  
Range("E6").Value = 1  
Else  
Range("E6").Value = 0  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
Range("E7").Value = 1  
Else  
Range("E7").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
Range("E8").Value = 1  
Else  
Range("E8").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
Range("E9").Value = 1  
Else  
Range("E9").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
Range("E10").Value = 0  
Else  
Range("E10").Value = 1  
End If
```

End Sub

Private Sub CheckBox9_Click()

If CheckBox9.Value = True Then

Range("E11").Value = 0

Else

Range("E11").Value = 1

End If

End Sub

Private Sub CheckBox10_Click()

If CheckBox10.Value = True Then

Range("E12").Value = 1

Else

Range("E12").Value = 0

End If

End Sub

Formulário da auditoria ao 2º Senso – Seiton

| | A | B | C | D |
|----|--|---|--------------------------|---|
| 1 | " Um sitio para cada coisa e cada coisa no seu sitio" | | | |
| 2 | Id | S2=Seiton=Ordenar | Sim | Observações, comentários, sugestões de melhoria no ambito do S2 |
| 3 | 1 | Estão claramente definidos os percursos, as áreas de armazenamento e os locais de trabalho? | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | 2 | Todas as ferramentas disponíveis são necessarias? Se sim, estão facilmente identificaveis? | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | 3 | Há uso das lixeiras corretamente para papéis, plásticos, metais, orgânicos etc? | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | 4 | Todos os materiais, paletes, contentores estão armazenados de forma adequada? | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | 5 | Há algum obstaculo proximo do elemento de extinção de incêndios mais proximo? | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | 6 | O solo tem algum tipo de defeito como buracos ou desniveis? | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | 7 | As estantes e as areas de armazenamento estão em lugar adequado e devidamente identificadas? | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | 8 | As estantes têm letreiros identificativos para se perceber os materiais lá depositados? | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | 9 | Estão identificadas as quantidades maximas e minimas admissíveis no armazenamento? | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | 10 | Há linhas brancas ou outros marcadores para identificar os percursos e as areas de armazenamento? | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | Pontuação | | 1 | S2 não implementado |

Figura 108 - Questões utilizadas para auditoria ao 2º Senso

Código em VBA usado para o formulário da auditoria do 2º Senso

```
Private Sub CheckBox1_Click()  
If CheckBox1.Value = True Then  
Range("E3").Value = 1  
Else  
Range("E3").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()  
If CheckBox2.Value = True Then  
Range("E4").Value = 1  
Else  
Range("E4").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()  
If CheckBox3.Value = True Then  
Range("E5").Value = 1  
Else  
Range("E5").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()  
If CheckBox4.Value = True Then  
Range("E6").Value = 1  
Else  
Range("E6").Value = 0  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
Range("E7").Value = 1  
Else  
Range("E7").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
Range("E8").Value = 0  
Else  
Range("E8").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
Range("E9").Value = 1  
Else  
Range("E9").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
Range("E10").Value = 1  
Else  
Range("E10").Value = 0  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox9_Click()  
If CheckBox9.Value = True Then  
Range("E11").Value = 1  
Else  
Range("E11").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox10_Click()  
If CheckBox10.Value = True Then  
Range("E12").Value = 1  
Else  
Range("E12").Value = 0  
End If  
End Sub
```

Formulário da auditoria ao 3º Senso – Seiso

| | A | B | C | D |
|----|--|--|--------------------------|---|
| 1 | "Limpar o posto de trabalho e prevenir a sujidade e a desordem" | | | |
| 2 | Id | S3=Seiso=Limpar | Sim | Observações, comentários, sugestões de melhoria no âmbito do S3 |
| 3 | 1 | Revistando o solo do local de trabalho encontram-se manchas de óleo, pó ou resíduos? | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | 2 | Há máquinas ou equipamentos sujos? | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | 3 | As tubagens elétricas ou de ar estão sujas, deterioradas ou em mau estado? | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | 4 | A mesa de trabalho está desorganizada e mal identificada? | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | 5 | O sistema de iluminação está danificado ou limitado? | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | 6 | As paredes, o chão e o teto estão limpos e livres de resíduos? | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | 7 | As máquinas são limpas com frequência e são mantidas livres de marcas? | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | 8 | São realizadas periodicamente tarefas de limpeza para a manutenção do espaço? | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | 9 | Existe alguém responsável de supervisionar as operações de limpeza? | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | 10 | O solo é varrido e os equipamentos são limpos normalmente sem que se tenha de pedir? | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | Pontuação | | 5 | S2 não implementado |

Figura 109 - Questões utilizadas para auditoria ao 3º Senso

Código em VBA usado para o formulário da auditoria do 3º Senso

```
Private Sub CheckBox1_Click()  
If CheckBox1.Value = True Then  
Range("E3").Value = 0  
Else  
Range("E3").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()  
If CheckBox2.Value = True Then  
Range("E4").Value = 0  
Else  
Range("E4").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()  
If CheckBox3.Value = True Then  
Range("E5").Value = 0  
Else  
Range("E5").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()  
If CheckBox4.Value = True Then  
Range("E6").Value = 0  
Else  
Range("E6").Value = 1  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
Range("E7").Value = 0  
Else  
Range("E7").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
Range("E8").Value = 1  
Else  
Range("E8").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
Range("E9").Value = 1  
Else  
Range("E9").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
Range("E10").Value = 1  
Else  
Range("E10").Value = 0  
End If
```

End Sub

Private Sub CheckBox9_Click()

If CheckBox9.Value = True Then

Range("E11").Value = 1

Else

Range("E11").Value = 0

End If

End Sub

Private Sub CheckBox10_Click()

If CheckBox10.Value = True Then

Range("E12").Value = 1

Else

Range("E12").Value = 0

End If

End Sub

Formulário da auditoria ao 4º Senso – Seiketsu

| A | B | C | D |
|----|---|--------------------------|---|
| 1 | "Formulação de normas para consolidar a execução dos 3 primeiros Sensos " | | |
| 2 | S4=Seiketsu=Normalizar | Sim | Observações, comentários, sugestões de melhoria no âmbito do S4 |
| 3 | 1 A roupa que os trabalhadores usam é inadequada ou está suja? | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | 2 As diferentes áreas de trabalho têm luz e ventilação suficiente para a atividade que desenvolvem? | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | 3 Há algum problema com ruído, vibrações ou temperatura (calor/frio)? | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | 4 Há alguma janela ou porta estragada? | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | 5 Há zonas próprias para descanso, pausa para refeição e zona de fumo? | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | 6 São regularmente pensadas melhorias nas diferentes áreas da empresa? | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | 7 As ideias de melhoria são normalmente implementadas? | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | 8 Existem procedimentos, escritos, normalizados e usam se ativamente? | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | 9 Estão a ser consideradas futuras normas como plano de melhorias? | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | 10 Os 3 primeiros S são garantidos pela normalização (eliminação do que não é necessário, espaços bem definidos, limpeza)? | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | Pontuação | 1 | S2 não implementado |

Figura 110 - Questões utilizadas para auditoria ao 4º Senso

Código em VBA usado para o formulário da auditoria do 4º Senso

```
Private Sub CheckBox1_Click()  
If CheckBox1.Value = True Then  
Range("E3").Value = 0  
Else  
Range("E3").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()  
If CheckBox2.Value = True Then  
Range("E4").Value = 1  
Else  
Range("E4").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()  
If CheckBox3.Value = True Then  
Range("E5").Value = 0  
Else  
Range("E5").Value = 1  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()  
If CheckBox4.Value = True Then  
Range("E6").Value = 0  
Else  
Range("E6").Value = 1  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
Range("E7").Value = 1  
Else  
Range("E7").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
Range("E8").Value = 1  
Else  
Range("E8").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
Range("E9").Value = 1  
Else  
Range("E9").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
Range("E10").Value = 1  
Else  
Range("E10").Value = 0  
End If
```

End Sub

Private Sub CheckBox9_Click()

If CheckBox9.Value = True Then

Range("E11").Value = 1

Else

Range("E11").Value = 0

End If

End Sub

Private Sub CheckBox10_Click()

If CheckBox10.Value = True Then

Range("E12").Value = 1

Else

Range("E12").Value = 0

End If

End Sub

Formulário da auditoria ao 5º Senso – Shitsuke

| | A | B | C | D |
|----|--|--|--------------------------|--|
| 1 | "Respeitar as normas estabelecidas" | | | |
| 2 | Id | S5=Shitsuke=Disciplinar | Sim | Observações, comentários, sugestões de melhoria no âmbito do S5 |
| 3 | 1 | Realiza-se controlo diário de limpeza? | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | 2 | São realizados formulários diários? | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | 3 | Tanto o material de proteção como o uniforme regulamentado é utilizado diariamente? | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | 4 | Utilizam-se materiais de proteção para realizar trabalhos específicos? | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | 5 | Todos os membros cumprem os horários de reuniões? | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | 6 | Todo o pessoal está capacitado e motivado para levar a cabo os procedimentos normalizados definidos? | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | 7 | As ferramentas e as peças armazenam-se corretamente? | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | 8 | Os controles de stock estão a ser cumpridos? | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | 9 | Existem procedimentos de melhoria e são reformulados com regularidade? | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | 10 | Todas as atividades definidas nos 5S são levadas a cabo? | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | Pontuação | | 0 | S2 não implementado |

Figura 111 - Questões utilizadas para auditoria ao 5º Senso

Código em VBA usado para o formulário da auditoria do 5º Senso

```
Private Sub CheckBox1_Click()  
If CheckBox1.Value = True Then  
Range("E3").Value = 1  
Else  
Range("E3").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()  
If CheckBox2.Value = True Then  
Range("E4").Value = 1  
Else  
Range("E4").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()  
If CheckBox3.Value = True Then  
Range("E5").Value = 1  
Else  
Range("E5").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()  
If CheckBox4.Value = True Then  
Range("E6").Value = 1  
Else  
Range("E6").Value = 0  
End If
```

End Sub

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
Range("E7").Value = 1  
Else  
Range("E7").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
Range("E8").Value = 1  
Else  
Range("E8").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
Range("E9").Value = 1  
Else  
Range("E9").Value = 0  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
Range("E10").Value = 1  
Else  
Range("E10").Value = 0  
End If
```

End Sub

Private Sub CheckBox9_Click()

If CheckBox9.Value = True Then

Range("E11").Value = 1

Else

Range("E11").Value = 0

End If

End Sub

Private Sub CheckBox10_Click()

If CheckBox10.Value = True Then

Range("E12").Value = 1

Else

Range("E12").Value = 0

End If

End Sub